المساحة للجغرافيين

المساحة المستوية والتصويرية

• الجزء الأول والجزء الثانى •

دكتور

محمد فريد فتحى

قسم الجغرافيا - جامعة الإسكندرية



دار المعرفة الجامعية

طبع نشر توزيع

المساحة للجغرافيين

المساحة المستوية والتصويرية

الجزء الأول والجزء الثاني

الطبعة الثالثة مزيدة ومنقحة

دكتور

محمد فريد فتحي

قسم الجغرافيا

كلية الآداب - جامعة الا

٢٠١١



عدد الصفحات :- ٥٣٦

المؤلف :- محمد فريد فتحي

عنوان الكتاب :المساحة للجغرافيين

رقم الايداع :- ٧٤٩٧

حقوق النشر والتوزيع



الأداره :- ٣٦ ش سوتير - الازريطة - أمام كلية الحقوق ــ جامعة الاسكندرية ــ جمهورية مصر العربيه
تليفاكس :- ٠٠٢٠٣٤٨٧٠١٦٣
محمول :- ٠٠٢٠١٢١٦٦٦٩١٣
الفرع الثاني :- ٣٨٧ ش قنال السويس ــ الشاطبي ــ الاسكندريه
Email: -
darelmaarefa@gmail.com,d_maarefa@yahoo.com
Web site: - www.darelmaarefa.com

بسم الله الرحمن الرحيم

قل ان صلاتی ونسکی

ومحیای ومماتی

لله رب العالمین

قرآن کریم

بسم الله الرحمن الرحيم

تصدير

الحمد لله رب العالمين، والصلاة والسلام على رسوله المصطفى النبيّ الأميّ الأمين... وبعد ....

فقد توليت تدريس مادة المساحة في قسم الجغرافية، والتي تدرس في معظم أقسام الجغرافية بالجامعات المصرية والعربية. ويرجع الاهتمام بطرح مادة المساحة ضمن مواد الجغرافية المقررة للدراسة الجامعية، إلى علاقتها الوثيقة بالخرائط التي هي عماد الجغرافي، وإلى مايقوم به الجغرافيون من دراسات ميدانية، تحتاج في معظم الأحيان إلى إلمام بالعمليات المساحية المختلفة. فضلاً عن التطور الذى طرأ على فرع حديث لعلم المساحة، وأقصد به المساحة التصويرية، الأمر الذى أدى إلى إعتماد معظم الجغرافيين على الصور الجوية في دراساتهم

وكانت فكرة هذا الكتاب في ذهن المؤلف منذ أمد طويل، إلى أن تبلورت الفكرة في رغبة ملحة لسد فراغ شاغر في المكتبة الجغرافية والكرتوجرافية، يشعر به الدارسون والباحثون من الجغرافيين لهذا النوع من الدراسة. إذ أن معظم المؤلفات في علم المساحة وفروعه تهتم بما يحتاجه المهندس المدنى والمساح من نواح هندسية ورياضية بعيدة عن إهتمام الجغرافيين.

وقد عالج المؤلف في هذا الكتاب ثلاثة موضوعات هامة بالنسبة للجغرافى. الموضوع الأول، ويتناوله الفصل الأول ويهتم بمقياس الرسم، ولا يفوتنا ماله من ضرورة في كل العمليات الحسابية. كما يتناول بالدراسة الورنيات، فما من جهاز مساحى إلا وبه ورنية أو ميكرومتر لزيادة الدقة في القياس.

والموضوع الثانى، يختص بطرق الرفع المساحية التي تعتمد على أجهزة وأدوات بسيطة، يستطيع الجغرافى إستيعابها وإستخدامها بسرعة، ولا تحتاج إلى

أسس رياضية وهندسية متقدمة. ويلمس القارئ ذلك فى الفصول الثلاثة التالية. والتى تتناول دراسة طرق الرفع المساحى البسيطة مثل إستخدام الجنزير أو البوصلة أو اللوحة المستوية. وكان الفصل الخامس عن الميزانية، التى يعتبر إجراؤها من العمليات التى يهتم بها الجغرافى، فعن طريقها تحدد مناسيب النقط المختلفة على سطح الأرض وتشكيل القطاعات.

أما الموضوع الثالث، والذى تناوله الفصلان السادس والسابع، فيهتم بالمساحة التصويرية وإستخدام الصور الجوية، لما لها من أهمية فى الوقت الحاضر. فبالرغم من أنه لم يمض وقت طويل منذ بدء استعمال الصور الجوية فى رسم الخرائط، إلا أن الإنجازات التى تمت فى الآونة الأخيرة، جعلت منها أساساً لا غنى عنه فى الدراسات الجغرافية وتفسير الظاهرات الجغرافية والبشرية. وقد زود الفصل الأخير بعدد من اللوحات لأزواج من الصور الجوية، تمثل مظاهر جغرافية مختلفة، يمكن للقارئ فحصها وتفسيرها إستريوسكوبيا.

وينوى المؤلف، بإذن الله وتوفيقه، إصدار جزء ثان. يهتم بدراسة طرق مساحية أكثر تقدماً وتطوراً من الناحيتين الرياضية والتقنية، مثل المساحة بالتيودوليت والمساحة التاكيومترية وطرق القياس الألكترونية الحديثة، بالإضافة إلى إجراء الميزانيات الشبكية وطرق حساب الحجوم والكميات. وكلها طرق مساحية يحتاج إليها بعض الجغرافيين فى دراساتهم وإن كانت لا تلزم البعض الآخر، ولكن حتى تعم الفائدة وتصبح الدراسة أكثر شمولاً وفائدة للقارئ.

وسوف يتضح للقارئ أن الدراسة المقدمة فى هذا المتن، تعتمد على كثير من المصادر العربية والأجنبية، التى تعالج نفس موضوعات هذا الكتاب. وقد آثرنا عدم ذكر هذه المراجع فى الحواشى، نظراً لأن المادة المستقاة منها هى من قبيل المعلومات التى ليس لها من الأصالة مايحتم ذكر المصدر. ولايقتصر هذا على المتن فحسب، بل أن معظم الأشكال قد نقلت عن هذه المصادر بشئ من التصرف. فضلاً عن حصيلة المؤلف وخبرته الخاصة فى هذا المجال من خلال ممارسته العملية والنظرية الطويلة. وقد ذكرت المراجع التى تم الاعتماد عليها فى نهاية هذا الكتاب.

وإنني إذ أقدم هذا الكتاب إلى المكتبة الجغرافية والكرتوجرافية العربية. وقد وضعت فيه ثمرة تجربة طويلة في القراءة والتدريس والممارسة العملية، فإنني أرجو أن يضيف جديداً، وأن يكون جهدى قد أسهم بنصيب متواضع في خدمة زملائي والباحثين والدارسين الجغرافيين.

وإعترافاً بالفضل لذويه، فمن واجبي أن أسجل شكرى العميق لأساتذتى وزملائي بقسم الجغرافية، جامعة الإسكندرية، لما قدموه من عون لاينكر، أسهم في ظهور هذا الكتاب على النحو الذى آمل أن يجد فيه الجغرافيون كل عون ومساعدة.

ولا يفوتني أن أقدم جزيل الشكر والإمتنان للأستاذ محمد إمبابي مدرس مادة الخرائط بقسم الجغرافية جامعة الإسكندرية لما قام به من جهد صادق في مباشرة طبع وإخراج هذا الكتاب ومراجعة البروفات.

وصدق الله العظيم حيث يقول : ﴿ وقل اعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون ﴾. والله من وراء القصد وهو نعم المولى ونعم النصير.

دكتور محمد فريد فتحى

بسم الله الرحمن الرحيم

تصدير الطبعة الثانية

الحمد لله الذى هدانا ، وبفضله تعالى أقدم الطبعة الثانية من كتاب المساحة للجغرافيين فى صورته الجديدة بعد أن أضفت إليه موضوعات جديدة يهتم بها الجغرافى، فزدناه فصلين أولها عن طرق إيجاد المساحات والثانى عن الميزانية الشبكية وحساب كميات الحفر والردم. كما أضفنا فى فصل المساحة باللوحة المستوية موضوعاً جديداً عن القياس التاكيومترى .. وذيلنا كل فصل ببعض الأمثلة والتمارين.

وبهذا أكون قد أوفيت بجزء من وعدى الذى سبق أن عاهدت الله ونفسى عليه فى تصدير الطبعة الأولى، وأعد بأن أواصل العمل فى إستكمال باقى الموضوعات حتى يصبح هذا الكتاب شاملاً لكل موضوعات المساحة بصورة يرضى بها القراء الأعزاء من الدارسين.

وعرفاناً لكل ذى فضل بفضله، أتقدم بالشكر للسيد / صابر عبد الكريم صاحب ومدير مؤسسة دار المعرفة الجامعية على معاونته فى نشر هذا الكتاب.

كما أتقدم بالشكر للسيد / محمد فرحات لمعاونته الطيبة فى رسم بعض أشكال هذا الكتاب.

وأخيراً، أتوجه بالشكر إلى الله جل شأنه بقوله : ﴿ ذلك فضل الله يؤتيه من يشاء والله ذو الفضل العظيم ﴾.

والله من وراء القصد ومنه التوفيق.

الإسكندرية فى ١٥ مايو ١٩٨٧

المؤلف

بسم الله الرحمن الرحيم

تصدير الطبعة الثالثة

الحمد لله والشكر لله سبحانه وتعالى عرفاناً بفضله ونعمته. وأشكر القراء الأعزاء على هذه الثقة والإقبال لإقتناء هذا الكتاب والذى أصبح يتم تداوله فى معظم أنحاء الوطن العربى، وتوج هذا النجاح حصوله على جائزة التشجيع العلمى من جامعة الإسكندرية عام ١٩٨٨ .

ويسعدنى أن أقدم الطبعة الثالثة من هذا الكتاب مزيدة ومنقحة وقد أضفت إليها فصلاً جديداً عن المساحة بالتيودوليت وقد آثرت فيه أن أقدم المبادئ الأساسية عن جهاز التيودوليت وعن طرق إستخداماته فى القياس وعمليات الرفع المساحى، إعتماداً على أننى أقدم هذا الكتاب للجغرافى وليس للمهندس المدنى، لذلك راعيت التبسيط بما يتلاءم وإحتياجات الجغرافى. وإذا كانت هناك أجهزة أكثر تطوراً مزودة بالحاسبات الآلية أو تعتمد على القياس الألكترونى، فإن المبادئ الأساسية التى أوردناها تمثل القاعدة الأساسية لها إذا أراد الجغرافى أن يزيد معرفته عنها.

كما تم إضافة العديد من الأمثلة والتمارين فى هذا الفصل الجديد وكذلك الفصل الخاص بالمساحة الجوية. وبذلك أكون قد أنجزت ما سبق أن وعدت به.

وأكرر شكرى وإمتنانى للسيد / صابر عبد الكريم صاحب ومدير مؤسسة دار المعرفة الجامعية، على مايبذله من جهد سواء فى فن طباعة الكتب وإخراجها بصورة عصرية ، ويلمس القارئ ذلك فى هذه الطبعة من لوحات ملونة أو فيما يقوم به من نشاط ملحوظ فى فتح آفاق جديدة لنشر وتوزيع الكتب المصرية بصورة عامة.

﴿ ربنا لا تؤاخذنا إن نسينا أو أخطأنا ، ربنا و لا تحمل علينا إصراً كما حملته على الذين من قبلنا ﴾ صدق الله العظيم وهو نعم المولى ونعم النصير.

الإسكندرية فى ٢١ مارس ١٩٩٨ .

المؤلف

مقدمة

علم المساحة

يعرف علم المساحة بأنه الفن الذى تحدد به المواقع المختلفة على سطح الأرض بالنسبة لبعضها، لبيان حدودها وما تشمله من معالم وتفاصيل، ويتم التحديد بقياس الأبعاد والزوايا اللازمة وتوقيعها على الورق بمقياس رسم معين وإشارات اصطلاحية على شكل خريطة أو مسقط أفقى. ويدخل فى نطاق علم المساحة بيان الصلة بين النقط فى المسقط الرأسى، أى بيان ارتفاعاتها بالنسبة لبعضها أو بالنسبة لمستوى ثابت وهو مايعبر عنه بالميزانية Levelling .

والمساحة يمكن تعريفها بصورة أكثر تبسيطاً عما سبق، بأنها علم وفن، يبحث فى الطرق المختلفة لتمثيل سطح الأرض وما عليه من مظاهر طبيعية أو بشرية وتوقيعها على خرائط بمقياس رسم معين يوافق الغرض الذى أنشئت الخريطة من أجله وعملية تمثيل أو توقيع المعالم الموجودة فى الطبيعة على الخريطة، أى رسم المسقط الأفقى لها تسمى « عملية الرفع ».

وتعتبر الأعمال المساحية، الأساس الأول لمعظم المشروعات الهندسية مثل بناء السدود والقناطر والخزانات والكبارى وإنشاء الطرق والسكك الحديدية وشق القنوات والترع والمصارف وتسوية الأراضى، والمشروعات العمرانية الكبرى مثل إنشاء المدن والقرى والموانى. بل إن القياسات المساحية تدخل فى أدق الأعمال الهندسية وأصغرها مثل تسوية قاعدة آلة فى مصنع أو ضبط محاورها. فالمساحة هى أساس عمل المهندس بصفة عامة والمهندس المدنى ومهندس المناجم، بصفة خاصة ويندر أن يكون بمنأى عنها كل من يعمل فى المجال الهندسى.

وتعتبر المساحة من أولى العمليات التى تحتاج إليها الجيوش فى عملياتها العسكرية وتجهيز الخطط مما يجعل أفراده، مهما كانت طبيعة عملهم على إلمام تام بفروع المساحة أو بعضها.

ويحتاج الجيولوجى والمهندس الزراعى إلى خلفية جيدة بفروع المساحة وطرق

إجرائها، إذ تتقاسم مع كل منهما الأعمال المساحية بنصيب المثل من أعمالها الأخرى التخصصية.

ولايخفى علينا ما للمساحة من فائدة كبيرة للجغرافى فى دراساته الميدانية، خاصة إذا ما أراد دراسة منطقة معينة لا تتوفر لها الخرائط المناسبة للقيام بدراسته.

هذا إلى جانب كثير من الفوائد التى نجنيها فى حياتنا العامة من الأعمال المساحية مثل تقسيم الأراضى وتحديد الملكيات والإستكشاف. فمن أهم أغراضها تجهيز الخرائط التفصيلية التى تبين حدود الملكيات الخاصة والعامة، ونعتمد على هذه الخرائط فى عمليات البيع والشراء وتسجيل الملكيات. كما يهتم هذا العلم بتجهيز الخرائط التى تستخدم فى دراسة المشروعات المختلفة سواء كانت هندسية أو عمرانية أو حربية أو إقتصادية أو مشروعات التخطيط المختلفة ... بل إن تعيين إتجاه القبلة فى المساجد يتم عن طريق بعض الطرق المساحية.

ومن العوامل ذات الأهمية القصوى فى العمليات المساحية، سواء الحسابية منها أو مايجرى فى الحقل (الغيط) تنظيم العمل وتحقيقه. فإن النظام والترتيب له من الأهمية ما للعمل نفسه. كما أن الدقة والأمانة فى الرصد وتدوين النتائج تعتبر من العوامل الهامة التى بدونها لايستقيم العمل. لأن التلفيق فى النتائج له عواقب وخيمة، قد تستنفذ مالاً وجهداً كبيرين لتصحيحها.

وهناك عوامل تتحكم فى إختيار الطرق المناسبة التى تجرى بها الأعمال المساحية، وتعتمد على الغرض الذى تجرى من أجله المساحة. ومن هذه العوامل ضمان الحصول على المعلومات اللازمة كلها، فضلاً عن الدقة المناسبة فى العمل وتدوين النتائج، بالإضافة إلى الأخذ فى الاعتبار أقل التكاليف مع أقل مجهود ووقت ممكن.

ومعرفة طرق المساحة والإلمام بقوانينها، غير كاف للقيام بالعمل على خير وجه. بل هناك ما هو أهم من ذلك، وهو فن معالجة المشاكل المختلفة. وذلك

بتأتى مع المران الصحيح والخبرة، حتى يتسنى إختيار الطرق الملائمة والأجهزة المناسبة من حيث الدقة المطلوبة والزمن والتكاليف لإجراء العمليات المساحية المختلفة.

وخريطة المساحة التى تباع بثمن زهيد، قد تكلفت كثيراً من الجهد والمال، لأنها لم تنشأ لتكون مصدر إيراد أو دخل للهيئات المساحية فى الدولة، بل لأغراض أسمى وأهم من ذلك. فهى عون كبير لكثير من الأعمال والدراسات. ويستعملها مهندس الرى فى إقامة مشروعاته من رى وصرف وإقامة الخزانات والسدود. ويستعملها مهندس المواصلات فى إنشاء الطرق والسكك الحديدية وبناء الموانى الجوية والبحرية. ويلجأ إليها مهندس التنظيم فى تخطيط المدن. ويستعين بها الجيش فى أعماله، وتتخذها المحاكم مستنداً أساسياً. وعلى ضوئها يهتدى الجغرافى فى دراساته الطبيعية والبشرية والاقتصادية. وتعتبر الخريطة، كما سبق أن ذكرنا أساس كل المشروعات والأعمال المختلفة.

وعلم المساحة قديم النشأة، إذ يرجع تاريخه إلى حوالى عام ١٤٠٠ قبل الميلاد فى مصر أثناء عهد الملك سيزوستريس، عندما أمر بتقسيم الأراضى إلى قطع لفرض الضرائب عليها. ولما طغى فيضان النيل على الأراضى وأغرق بعضها ، أمر الملك المساحين وكان يطلق عليهم «جاذبى الحبال» بإعادة تعيين هذه الحدود مرة أخرى.

ويعتبر هيرون Heron (عام ١٢٠ قبل الميلاد) الرائد الأول لهذا العلم، عندما أدخل العلوم الرياضية فى فن المساحة. أما المساحة الجيوديسية الدقيقة أو كما تسمى بالمساحة الراقية والتى تأخذ فى إعتبارها كروية الأرض. فقد بدأت فى عصر أرسطوثنيس بالإسكندرية عام ٢٣٠ قبل الميلاد. وفى القرن السابع عشر الميلادى فى عصر نيوتن، أصبح هذا العلم أكثر تكاملاً وتطورت أجهزة القياس وأصبحت أكثر دقة.

وفى مصر، كان مسيو ماسى أول من قام بعمل خرائط للمساحات الصغيرة فى عهد محمد على، حيث قام بمسح كل قرية على حدة باسقاطها على

مستوى أفقى وذلك بطريقة الترافيرسات. أما أول مساحة فنية تعتمد على أسس رياضية، فقد أجريت فى عهد الخديوى سعيد باشا، حيث أنشأ محمود باشا الفلكى مصلحة التأريع (مصلحة المساحة الآن) وقام بإنشاء شبكة المثلثات وتعيين الروبيرات التى تغطى القطر المصرى حالياً.

وفى القرن العشرين حدث تطوير شامل فى المساحة، حيث ظهر علم المساحة الجوية أو التصويرية . وفى الآونة الأخيرة ظهرت الأجهزة الألكترونية للقياس بدقة فى الأعمال المساحية والجيوديسية ، فضلاً عن إستخدام الأجهزة الدقيقة فى عمليات الرصد وتطور وسائل الحساب الآلى والألكترونى.

أقسام المساحة

ينقسم علم المساحة إلى ثلاثة أقسام رئيسية، يختلف كل منها عن الآخر، سواء فى طبيعة طرق الرفع التى تستخدم فى كل قسم من هذه الأقسام أو فى القواعد والقوانين المساحية لذلك، وإن كان كل قسم منها ينتهى بخريطة مساحية.

أولاً : المساحة الأرضية :

١ – المساحة الجيوديسية Geodetic Surveying :

ويطلق عليها فى بعض الأحيان المساحة الراقية High Surveying لما تعتمد عليه من أجهزة فى منتهى الدقة وقوانين وحسابات معقدة. ويختص هذا النوع من المساحة بتحديد مواقع وارتفاعات نقط معينة على سطح الأرض. مع الأخذ فى الإعتبار أثناء القياس، الشكل الحقيقى للكرة الأرضية، وما فيها أو عليها من خواص طبيعية أو جوية مختلفة قد تؤثر على النتائج التى نحصل عليها بالقياس.

وتعتبر هذه النقط التى يتم تحديد مواقعها، والتى يطلق عليها نقط المثلثات – الأساس الأول للمساحة المستوية. ففى أى إقليم لم تجر له مساحة من قبل، تجرى

له مساحة جيوديسية. وهى عبارة عن تقسيم الإقليم إلى شبكة من المثلثات، ذات أضلاع طويلة، يصل طولها إلى ٨٠ كيلومتراً فى بعض الأحيان، تسمى مثلثات الدرجة الأولى. وهذه المثلثات الكبيرة تقسم إلى مثلثات أصغر منها تليها فى الدرجة، وهكذا حتى يصبح طول ضلع المثلث مابين كيلومترين إلى خمسة كيلومترات فتسمى فى هذه الحالة مثلثات الدرجة الخامسة، ويطلق عليها فى بعض الأحيان « مثلثات الترافيرس ». ويقوم مهندس المساحة برفع المعالم المختلفة فى هذا المثلث الصغير بالمساحة الطبوغرافية العادية.

وتجدر الإشارة إلى أنه نظراً لطول أضلاع مثلثات الدرجة الأولى، فإن أى خطأ فى قياس زوايا المثلث يؤدى إلى أخطاء جسيمة فى أطوال أضلاعه، لأن الطول لايقاس مباشرة، بل بحساب المثلثات عن طريق معرفة زوايا المثلث الكروى وتحويلها إلى مثلث مستوى. ولذلك تستخدم أجهزة معينة غاية فى الدقة، تقيس إلى جزء من الثانية لرفع هذه المثلثات.

٢ – المساحة المستوية Plane Surveying :

وتبحث فى طرق رفع المناطق الصغيرة المساحة وتوقيعها على خرائط، وفيها تهمل كروية الأرض، ولاينتج عن هذا الإعتبار خطأ يذكر بسبب صغر مساحة المنطقة. ويمكن تقسيم هذا النوع من المساحة إلى فرعين :

(أ) المساحة الطبوغرافية Topographical Surveying :

والغرض منها رسم خرائط للمناطق المتسعة نسبياً وبيان ماتحويه من معالم طبيعية مثل الأنهار والجبال والوديان، وغيرها من المعالم الصناعية أو البشرية كالمدن والقرى والطرق والسكك الحديدية، وكذلك بيان إرتفاعات وإنخفاضات سطح الأرض، بحيث يمكن معرفة إرتفاع أو منسوب أى نقطة بمجرد النظر أو بعملية حسابية بسيطة عن طريق خطوط الكنتور أو خطوط الهاشور.

وهذه الخرائط ترسم غالباً بمقاييس رسم متوسطة تتراوح بين ١ : ٢٥,٠٠٠، ١ : ١٠,٠٠٠ ويستعمل هذا النوع من الخرائط فى الأغراض التالية :

* الدراسات الأولية للمشروعات الهندسية الكبرى.

* دراسات التخطيط الإقليمى والاقتصادى.

* الدراسات الجيولوجية والجغرافية.

* ذات أهمية كبرى فى الأعمال الحربية.

* الأساس لإنشاء خرائط بمقاييس رسم أكبر، (الخرائط التفصيلية).

(ب) المساحة التفصيلية Cadastral Surveying :

تختص بعمل خرائط بمقياس رسم كبير نسبياً، لبيان المعالم الموجودة فى الخرائط الطبوغرافية وزيادة توضيحها بالتفصيل. وإظهار وبيان حدود المبانى والشوارع وحدود الملكيات الزراعية ... إلخ. وتسمى الخرائط التفصيلية فى الريف باسم خرائط فك الزمام ومقياس رسمها يتراوح بين ١ : ٢٥٠٠ ، ١ : ٥٠٠٠. أما فى المدن فتسمى خريطة تفريد المدن ويتراوح مقياس رسمها بين ١ : ٥٠٠ ، ١ : ١٠٠٠ . ونظراً لكبر مقياس الرسم وكثرة التفاصيل التى يجب توافرها فى هذا النوع من الخرائط، فإنها تكون على درجة كبيرة من الدقة. وتعتبر الخرائط التفصيلية الأساس الذى يعتمد عليه فى تحديد الضرائب وربطها على الأملاك والأراضى وفى بيع وشراء وتسجيل العقارات وفى المنازعات القضائية وفى المشروعات الهندسية.

ثانياً : المساحة الجوية Photogrammetry :

وهى فرع حديث من فروع علم المساحة، يستخدم فيه التصوير الجوى بواسطة الطائرات، وتجمع الصور الجوية للمنطقة المرفوعة بطرق فنية خاصة للحصول على خريطة مصورة كاملة لها. لذلك تسمى فى بعض الأحيان بالمساحة التصويرية Arial Photogrammetry .

ويعتبر المسح الجوى، الطريقة الوحيدة لإنشاء خرائط للأقاليم التى لايمكن الوصول إليها، كذلك نفضل هذه الطريقة فى عمل خرائط للمساحات الشاسعة خاصة الصحارى أو اذا كانت طبيعة الأرض وعرة أو مغطاة بالغابات أو تنتشر فيها

المستنقعات. إذ أن إجراء مساحة لها بطرق المساحة الأرضية العادية، يحتاج إلى سنوات، فضلاً عن تكاليفها الباهظة.

وقد بدأ تقدم المساحة الجوية بطيئاً حتى قيام الحرب العالمية الأولى عام ١٩١٤، فأخذت تسرع في تقدمها بدرجة محسوسة. إذ برزت أهمية التصوير الجوى للأغراض العسكرية والمدنية على السواء. وبعد الحرب العالمية الأولى اخترعت آلات للتصوير للحصول على أدق الصور الجوية وأوضحها وآلات لتجسيم الصور وتوقيعها على الخرائط تعتمد في تشغيلها على حسابات معقدة.

وتستخدم المساحة الجوية الآن في إنشاء الخرائط لمواقع المشاريع الهندسية الكبيرة، كالخزانات والسدود، وفي إنشاء الخرائط الطبوغرافية ذات الفترات الكنتورية الصغيرة والتي قد تصل أحياناً إلى ٢٠ سنتيمتراً في حالة إستواء الأرض. كما أن لها أهمية كبرى في العمليات الحربية، إذ أنها تزود الجيوش بخرائط مساحية، يمكن بها معرفة أماكن تجمعات العدو ومواقعه ومخازن الذخيرة والطائرات الرابضة في المطارات .. وكذلك معرفة طبيعة سطح الأرض في المنطقة لتحديد الرماية وتحركات القوات، كما تستخدم أيضاً في معرفة نتائج الغارات الجوية.

كما أن إستخدام المساحة الجوية، أصبح هاماً في الحياة المدنية، فهي تستخدم لإنشاء الخرائط الجيولوجية وخرائط تصنيف التربة وخرائط حصر الغلات الزراعية. وعلاوة على ماسبق فإن الصور الجوية تعطينا صوراً حقيقية لسطح الأرض تدلنا على جميع الظاهرات والمعلومات الطبيعية والبشرية، مهما كانت صغيرة والتي قد يسهو على المساح الأرضي القيام بتسجيلها ورفعها مساحياً. وبالرغم من أن العمل المكتبي أكثر تعقيداً، إلا أن المساحة الجوية أسرع من ناحية الوقت وأوفر في الجهد لإنتاج الخرائط لمساحات كبيرة من سطح الأرض، إذا ما قورنت بوسائل المساحة الأرضية.

ثالثاً : المساحة البحرية Marine Surveying :

هذا النوع من المساحة، يختص بإنتاج خرائط مساحية بحرية، تهتم بطبيعة

الحال بالمعلومات الموجودة في المناطق المغطاة بالمياه مثل البحار والمحيطات والخلجان والبحيرات والأنهار وغيرها.

وقد أنتجت الخرائط البحرية أساساً لإستخدامها في الملاحة البحرية، ولازال إنتاجها حتى الآن يدور طبقاً للمطالب الخاصة بالملاحة. لذلك نلاحظ أن معظم عمليات المسح البحرى تجرى في المناطق التى تسلكها السفن لتأمين سلامتها. والقليل من عمليات المسح البحرى الذى يجرى لغرض الأبحاث العلمية.

وتبين على الخرائط البحرية، تضاريس الأعماق من إرتفاعات وإنخفاضات تحت سطح الماء، ويؤخذ في الاعتبار حركة المد والجزر، كما يبين عليها بدقة شكل الشريط الساحلى، وما عليه من ظواهر طبيعية وبشرية يمكن إستخدامها كعلامات لإرشاد السفن.

ويستخدم لإجراء عمليات المسح البحرى، أجهزة خاصة لقياس المد والجزر وحسابه، وكذا لقياس الأعماق، وأجهزة أخرى لتحديد المواقع أثناء العمل بالنسبة لبعض الشواهد أو الظاهرات الموجودة على الساحل.

* * *

الفصل الأول

مقياس الرسم

إن أول خطوة يبدأها دارس المساحة، هو التعرف على وسائل القياس، والتى يمكن تصنيفها إلى ثلاثة أقسام رئيسية.

يختص القسم الأول منها بالقياس على الخريطة. ولما كانت الخريطة صورة مصغرة تمثل منطقة ما على سطح الأرض، فإننا نستخدم فى سبيل ذلك ما يسمى بمقياس الرسم. ولمقياس الرسم هذا صوره المتعددة.

والقسم الثانى يختص بالقياس فى الطبيعة. وهذا له أدواته وأجهزته المختلفة التى نحصل بها على الأبعاد للمسافات أو الزوايا المقاسة على سطح الأرض، سواء كان ذلك بصورة مباشرة أو غير مباشرة.

أما القسم الثالث فيختص بأجهزة وأدوات القياس ذاتها، وتدريج وسائل القياس عليها وبيان دقتها، وهو ما يسمى بالورنية أو الميكرومتر.

ونتناول هنا وسيلتان للقياس، هما مقياس الرسم والورنيات، أما الوسيلة الثالثة والخاصة بالقياس فى الطبيعة، فهى عماد وأساس طرق الرفع المختلفة التى سنتناولها بالتفصيل فى الفصول التالية من هذا الكتاب.

مقياس الرسم : Scale

من البديهى أنه لايمكن رفع أى أبعاد من الطبيعة ورسمها على الورق بنفس الأطوال الحقيقية لها على سطح الأرض. لذلك تصغر هذه الأبعاد بنسبة معينة، تمكننا من رسم المنطقة على الورق بإستخدام هذه النسبة وتعرف نسبة التصغير هذه بمقياس الرسم. أى أن مقياس الرسم هو النسبة العددية الثابتة بين أى بعد مقاس على الخريطة، ونفس هذا البعد مقاساً على الطبيعة. وتختلف هذه النسبة حسب الغرض المرسوم من أجله الخريطة ومساحة المنطقة التى توضحها الخريطة ومساحة الورق الذى سترسم عليه خريطة هذه المنطقة.

وتنقسم مقاييس الرسم إلى أنواع متعددة تختلف فى صورتها، وإن كانت تتفق جميعها فى غرض واحد. ويمكن تصنيف مقاييس الرسم إلى نوعين رئيسيين:

أولاً : مقاييس الرسم الكتابية :

ويطلق عليها مقايس الرسم العددية Numerical Scales وتبدو النسبة بين الأطوال على الخريطة وما يقابلها على الطبيعة فى صور كتابية أو عددية. وهذه الصورة الكتابية تظهر على الخريطة بأشكال مختلفة فى طريقة كتابتها، إذ تذكر بإحدى الطرق الآتية :

١ - مقياس الرسم المباشر Direct Statement Scale :

وهو أبسط أنواع مقاييس الرسم، وفيه تذكر وحدة القياس على الخريطة وما يقابل هذه الوحدة على الطبيعة كتابة. فيذكر مثلاً على الخريطة « سنتيمتر لكل ٣ كيلومترات » أو « نصف بوصة لكل ميل ». ومعنى ذلك أن كل مسافة طولها ١ سنتيمتر على الخريطة يقابلها ثلاثة كيلومترات على الطبيعة. أو إذا قيست مسافة بين نقطتين على خريطة وكان طولها بوصتان، فمعنى ذلك أن المسافة بين هاتين النقطتين على الطبيعة أربعة أميال .. وهكذا.

٢ - مقياس الرسم الكسرى Fractional Scale :

وفى هذا النوع يبين مقياس الرسم على هيئة كسر إعتيادى بسطه الواحد الصحيح ومقامه عدد المرات التى تقابل هذا الواحد الصحيح مثل $\frac{١}{١٠٠}$ أو $\frac{١}{٢٥٠٠٠}$ فمثلاً إذا قيل أن خريطة رسومة بمقياس $\frac{١}{٥٠,٠٠٠}$، فمهما يكون نوع الوحدة المستعملة فى القياس (فرنسية أو إنجليزية)، فإن أى بعد على الخريطة طوله وحدة واحدة، يقابله على الطبيعة بعداً يساوى ٥٠,٠٠٠ مرة طول هذه الوحدة. فإذا قيست مسافة على الخريطة وكان طولها ٤ سم مثلاً، يعنى ذلك أن طولها على الطبيعة يساوى ٢٠٠,٠٠٠ سم (٤ × ٥٠٠٠٠) على الطبيعة. وإذا بدلنا وحدة

ـيـس إلى البوصة وكان الطول المقاس على نفس الخريطة ٣ بوصات مثلاً، يعنى ذلك أن طوله على الطبيعة ١٥٠٠٠٠ بوصة (٣ × ٥٠٠٠٠).

٣ - مقياس الرسم النسبى Proportional Scale :

وهو عبارة عن مقياس الرسم الكسرى، ولكن فى صورة نسبة، وذلك بوضع البسط وقدره الواحد الصحيح فى طرف والمقام فى الطرف الآخر من النسبة. فيقال مثلاً ١ : ٢٠٠٠، أى أن كل وحدة واحدة على الخريطة يقابلها ٢٠٠ وحدة من نفس النوع على الطبيعة. وهو يشبه إلى حد ما مقياس الرسم المباشر، إلا أن مقياس الرسم المباشر لايذكر طرفى النسبة بوحدات واحدة بعكس الحال فى مقياس الرسم النسبى.

ثانياً : مقاييس الرسم الخطية :

ويعرف بمقياس الرسم البيانى Graphical Scale. ويبدو - على الخريطة - على شكل خط مقسم إلى أقسام معينة، أطوالها بوحدات القياس المستخدمة على الخريطة، مميزة بما يقابل هذه الأطوال بوحدات القياس على الطبيعة. فعلى الخريطة تستخدم المسطرة المقسمة إلى سنتيمترات وملليمترات، بينما فى الطبيعة تستخدم الكيلومترات والأمتار. أو تستخدم البوصات على الخريطة والأميال والياردات فى الطبيعة.

ويمتاز مقياس الرسم الخطى بصوره المختلفة، على أنواع المقاييس السابقة، فى أنه يمكننا الحصول على أطوال المسافات على الطبيعة من واقع هذا المقياس الخطى مباشرة، دون أى مجهود أو القيام بعمليات حسابية. ويفضل دائماً أن يذكر مقياس رسم الخرائط على هيئة مقياس رسم خطى: إذ أن الخريطة معرضة للإنكماش أو التمدد بفعل الرطوبة والمؤثرات الجوية، كذلك قد تصغر الخريطة أو تكبّر بالتصوير، وفى كل هذه الحالات تتغير أبعاد الخريطة. فإذا كان مقياس الرسم كتابياً - بصوره المختلفة، أصبح غير ذى فائدة نظراً لأن نسبة الأطوال على الخريطة الجديدة وما يقابلها على الطبيعة تكون قد تغيرت. مما يكون ذلك مضللاً فى حالة ما إذا كانت الخريطة مصورة، لأن صورة مقياس الرسم بهذا الشكل الكتابى

ستظل ثابتة كما هى بالطبع. أما المقياس الخطى، فمن مميزاته أنه فى الحالات السابق ذكرها، التى تتعرض لها الخريطة، فإنه ينكمش أو يتمدد أو يصغر أو يكبر بنفس النسبة التى إنتهت إليها الخريطة نفسها، فتظل فائدته سارية ولا يفقد قيمته.

ويظهر المقياس الخطى بصور متعددة كما يلى :

١ - المقياس الخطى البسيط Simple Linear Scale :

المقياس الخطى البسيط عبارة عن خط مستقيم، مقسم إلى وحدات متساوية من وحدات القياس على الخرائط (السنتيمتر أو البوصة وأجزائهما)، تمثل أطوالاً موجودة على الطبيعة من وحدات القياس على الطبيعة (الكيلومترات أو الأميال ومضاعفاتهما أو أجزائهما). ويبدأ المقياس الخطى البسيط بالصفر دائماً، وينتهى بأكبر رقم تصل إليه فى حدود طول هذا الخط المرسوم تبعاً لمقياس رسم الخريطة.

ولإنشاء المقياس الخطى البسيط نتبع مايلى :

إذا كان مقياس رسم خريطة ما ١ : ٦٠٠٠٠ مثلاً ويراد إنشاء مقياس خطى بسيط لها يقيس إلى كيلومترات.

من المعروف أن مقياس رسم الخريطة النسبى يذكر طرفيه بوحدة واحدة. ومعنى ذلك أن كل ١ سنتيمتر على الخريطة يقابله ٦٠٠٠٠ سنتيمتر على الطبيعة.

أى أن ١ سم على الخريطة يقابله ٦٠٠ متر على الطبيعة.

أو ١ سم على الخريطة يقابله ٠,٦ كيلومتر على الطبيعة.

∴ س سم على الخريطة يقابلها ١ ك.م. على الطبيعة.

$$س = \frac{١ \times ١}{٠,٦} = ١,٦٧ \text{ سم.}$$

أى أن ١,٦٧ سم على الخريطة يقابلها كيلومتر واحد على الطبيعة.

وواضح أنه من المتعذر رسم وحدة طولها ١,٦٧ سم – ليقابلها كيلومتر – بدقة لأنه لايمكن تقسيم السنتيمتر إلى ١٠٠ قسم حتى يمكن تحديد الجزء المطلوب وهو ٠,٦٧ من السنتيمتر. وللتغلب على هذه العقبة يضاعف طول الوحدة المطلوبة بالطريقة الآتية :

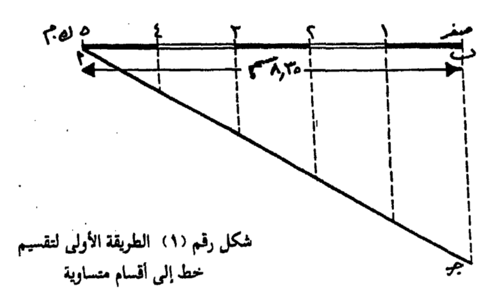
١,٦٧ سم على الخريطة تقابل ١ ك.م. على الطبيعة (بضرب الطرفين × ٥)

∴ ٨,٣٥ سم على الخريطة تقابل ٥ ك.م. على الطبيعة.

ثم نقوم برسم خط طوله ٨,٣٥ سم فيساوى ٥ كيلومترات.

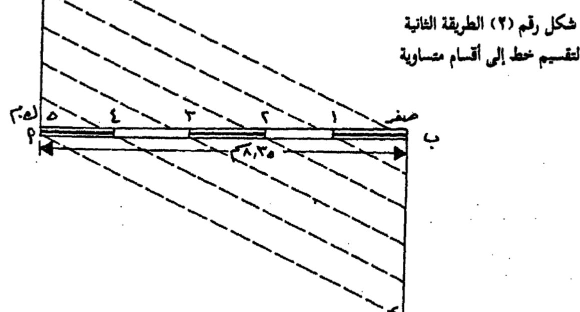
ولتقسيم هذا الخط إلى خمسة أقسام متساوية، تستخدم إحدى الطريقتين الآتيتين :

* من أحد طرفى الخط أ ب ، الذى يمثل المقياس الخطى المطلوب (شكل رقم ١)، نرسم خطاً آخر أ جـ طوله يساوى خمس وحدات متساوية (أى وحدات وليكن طول كل وحدة ٢ سم)، ويصنع مع خط المقياس زاوية حادة مناسبة، ثم نصل الطرف الأول للمقياس (ب) بطرف الخط الذى رسمناه (جـ). ومن نقط تقسيم الخط أ جـ نرسم خطوطاً توازى الخط ب جـ وتقطع خط المقياس فى نقط فتكون هى نقط التقسيم المطلوبة.



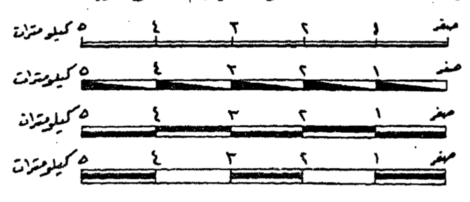
شكل رقم (١) الطريقة الأولى لتقسيم خط إلى أقسام متساوية

** أما الطريقة الثانية، فهى إنشاء عمودين متبادلين عند طرفى خط المقياس، طول كل عمود منهما خمس وحدات متساوية مقسمة إلى خمس أجزاء. ففى الشكل رقم (٢) العمودان أ جـ ، ب د متبادلان على طرفى خط المقياس أ ب . وكل منهما مقسم إلى خمس أقسام متساوية. نصل نقطة جـ بنقطة ب ، ثم النقطة الأولى على العمود أ جـ بالنقطة الأولى على العمود ب د وكذلك باقى النقط على كلا العمودين ، فتكون نقط تقابل هذه الخطوط مع خط المقياس هى الأقسام المطلوبة.



شكل رقم (٢) الطريقة الثانية لتقسيم خط إلى أقسام متساوية

وبعد تقسيم خط المقياس إلى أقسام متساوية طول كل منها يساوى كيلومتر واحد، يكتب عليه الأطوال الدالة عليها فى الطبيعة. ويمكن أن يتخذ المقياس الخطى البسيط أحد الأشكال المبينة فى الشكل رقم (٣) فى صورته النهائية.



شكل رقم (٣) مقياس خطى ١ / ٦٠٠٠٠ بأشكال مختلفة

٢ – المقياس الخطى الدقيق Graphic or Rode Scale :

هو عبارة عن المقياس الخطى البسيط، مضافاً إليه وحدة من وحدات القياس به على الجهة الأخرى من بدايته (من الصفر). وتقسم هذه الوحدة إلى مجموعة من الأقسام الأصغر. والغرض من هذا النوع من المقاييس زيادة الدقة فى قياس المسافات على الخريطة.

والشكل رقم (٤) يوضح المقياس الخطى البسيط السابق إنشاؤه بمقياس ١ : ٦٠٠٠٠ ، وقد أضيفت إليه وحدة قسمت لتبين أجزاء الكيلومتر بصورتين مختلفتين. وينبغى أن يكون ترقيم هذه الوحدة المضافة يبدأ أيضاً من صفر المقياس وفى الإتجاه المضاد.

شكل رقم (٤) المقياس الخطى الدقيق

ونلاحظ أن أحد المقياسين أصبحت دقته $\frac{١}{٤}$ كيلومتر أو ٢٥٠ متراً بينما أصبحت دقة المقياس الثانى ٢٠٠ متراً فقط. ونظراً لصغر المسافات لم تكتب على أقسام الوحدة المضافة مدلولها، إعتماداً على ذكر مدلول آخر قسم (١٠٠٠ متر).

٣ – المقياس الشبكى Diagonal Scale :

هو مقياس خاص لبيان أجزاء أصغر على المقياس الخطى الدقيق، فى حالة ما إذا كان المطلوب زيادة الدقة التى يقيس إليها هذا المقياس. وهى أجزاء قد تصل إلى حد من الصغر، بحيث يتعذر معه بيانها بالتقسيم العادى، كأن تكون مثلاً $\frac{١}{١٠٠}$ من البوصة أو السنتيمتر.

فلو أردنا مثلاً رسم مقياس خطى لخريطة ما بمقياس ١ : ٤٠٠,٠٠٠ ، بحيث يقرأ المقياس حتى مئات الأمتار. أو بمعنى آخر، بحيث تصل دقة القياس بهذا المقياس إلى مائة متر، نلاحظ أن كل سنتيمتر على هذا المقياس الخطى يمثل أربعة كيلومترات على الطبيعة. أى أن كل كيلومتر واحد على الطبيعة يمثله

ربع سنتيمتر على هذا المقياس. وواضح أن تقسيم ربع السنتيمتر إلى عشرة أقسام لتصبح دقة كل قسم منها مائة، وهي الدقة المطلوبة، أمر مستحيل. لأن كل قسم على هذا الأساس (أى كل ١٠٠ متر) سيمثل على المقياس الخطى بطول قدره ربع ملليمتر وهذا لايمكن تحقيقه. ولهذا يلزم إستخدام طريقة أخرى نضمن لنا سهولة تحديد هذه الوحدة الصغيرة. وهذه الطريقة هي إنشاء مقياس رسم شبكى.

وتعتمد فكرة إنشاء المقاييس الشبكية بصورة عامة على نظرية تشابه المثلثات. فمثلاً في الشكل رقم (٥)، نلاحظ أن المثلث أ ب جـ يشابه المثلث أ س ص. ولما كان طول أ جـ عشر أمثال طول أ ص، فإن النسبة بين أطوال أضلاع هذين المثلثين كنسبة ١٠ (في المثلث أ ب جـ) : ١ (في المثلث أ س ص). وعلى هذا تكون النسبة بين طول قاعدتي المثلثين ب جـ، س ص كنسبة ١٠ : ١. كذلك نلاحظ أن المثلثين أ ب جـ، أ ع ل متشابهان أيضاً. والنسبة بين طولى ضلعيهما أ جـ، أ ل كنسبة ١٠ : ٧. وعلى ذلك تكون النسبة بين طولى قاعدتيهما ب جـ، ع ل كنسبة ١٠ : ٧ أيضاً. وهكذا..

شكل رقم (٥)

فإذا كانت قاعدة المثلث أ ب جـ قسماً من أقسام المقياس الخطي الدقيق، فمعنى ذلك أن قواعد المثلثات المتشابهة تتناسب مع هذه القاعدة تبعاً لعدد الوحدات المقسم إليها الخط أ جـ. أو بمعنى آخر تتناسب مع عدد الخطوط الأفقية التي تمثل قواعد المثلثات المتشابهة من أصغرها إلى أكبرها. فإذا كان عدد هذه الخطوط الأفقية ٨ مثلاً، فإن قاعدة أصغر مثلث تساوى $\frac{١}{٨}$ قيمة قاعدة المثلث الكبير، أو طول هذا القسم من المقياس الخطى الدقيق.

ولإنشاء المقياس الشبكي الذى يقيس إلى ١٠٠ متر للمقياس ١ : ٤٠٠,٠٠٠، نجرى مايلي :

(أ) نرسم أولاً مقياساً خطياً بسيطاً ثم نضيف عليه وحدة من وحداته فيصبح مقياساً خطياً دقيقاً.

كل ١ سم على الخريطة يقابله ٤٠٠,٠٠٠ سم على الطبيعة.

أى كل ١ سم على الخريطة يقابله ٤ ك . م. على الطبيعة.

س سم على الخريطة يقابلها ٥ ك. م. على الطبيعة.

$$\therefore \text{س} = \frac{٥ \times ١}{٤} = ١,٢٥ \text{ سم}$$

١,٢٥ سم على الخريطة يقابلها ٥ ك.م على الطبيعة.

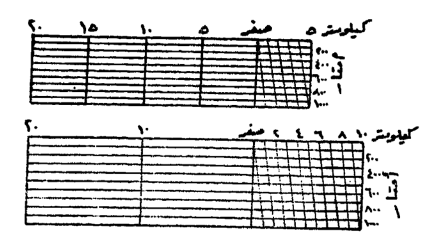
نرسم خطاً بطول مناسب ونأخذ عليه أبعاداً كل منها = ١,٢٥ سم أى = ٥ كيلومترات ونرقم هذه الوحدات من الصفر، فنحصل بذلك على المقياس الخطى البسيط.

نضيف وحدة طولها ١,٢٥ سم بجوار صفر المقياس من الناحية الأخرى ونقسمها إلى خمسة أقسام متساوية فيكون طول كل قسم = ١ ك.م. وبذلك نحصل على المقياس الخطى الدقيق.

(ب) ولإنشاء المقياس الشبكى لبيان الدقة المطلوبة وقدرها ١٠٠ متر، لحساب عدد الخطوط الأفقية نستخدم المعادلة الآتية :

$$\text{عدد الخطوط الأفقية} = \frac{\text{طول أصغر قسم فى المقياس الدقيق}}{\text{الدقة المطلوبة}} = \frac{١٠٠٠}{١٠٠} = ١٠ \text{ خطوط}$$

نقوم برسم ١٠ خطوط أفقية موازية لخط المقياس سواء أعلاه أو أسفله، وعلى مسافات ثابتة متساوية مناسبة كل ٢ أو ٣ ملليمترات مثلاً. ثم نوصل أقسام المقياس الرئيسية على المقياس الخطى البسيط إلى ما يقابلها على الخط العاشر. أما الأقسام الفرعية الموجودة على الوحدة المضافة فتوصل كما فى الشكل رقم (٦) فنحصل بذلك على المقياس الشبكى بالدقة المطلوبة.

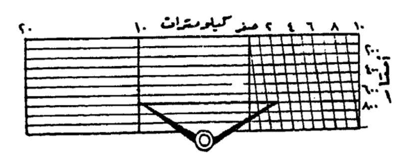


شكل رقم (٦) مقياسان شبكيان دقتها ١٠٠ متر

لخريطة مقياسها ١ : ٤٠٠,٠٠٠

فإذا كنا نريد توقيع بعداً قدره ١٢,٧ كيلومتراً مثلاً :

فإننا نفتح الفرجار فتحة مناسبة ونضع أحد طرفيه عند الكيلومتر العاشر، على الخط السابع، وطرفه الآخر عند نهاية القسم الثاني. فتكون هذه المسافة عبارة عن ١٠ ك.م. (على المقياس الخطى البسيط) + ٢ ك.م (على المقياس الخطى الدقيق) + ٧٠٠ متر « عبارة عن قاعدة المثلث على الخط السابع المحصور بين المقياس البسيط والدقيق حيث أنها = $\frac{٧}{١٠}$ من قاعدة المثلث الكبير «والتى يبلغ طولها ١٠٠٠ متر». والشكل رقم (٧) يوضح ذلك.



شكل رقم (٧) مقياس شبكى ١ : ٤٠٠,٠٠٠ يوضح البعد ١٢,٧ ك.م.

٤ – المقياس الخطى المقارن Comparative Scale :

وهو مقياس رسم خطى، قد يكون بسيطاً أو دقيقاً أو شبكياً. ينشأ على أساس نسبة ثابتة، هى مقياس رسم الخريطة الكتابى. إلا أن هذا المقياس يكون تقسيمه من جهتين : ففى جهة يقسم المقياس الخطى على أساس وحدات طولية تختلف فى نوعها عن الوحدات الطولية المستخدمة فى الجهة الأخرى. كأن تكون إحدى جهتيه تقيس إلى الكيلومترات وأجزائها والجهة الأخرى تقيس إلى الأميال وأجزائها، حتى يسهل على قارئ الخريطة مقارنة الأبعاد عليها بأى من الوحدات الفرنسية أو الإنجليزية.

وفى هذا النوع من المقاييس الخطية يكون حساب وإنشاء كل نوع من هذه الأطوال مستقلاً عن الآخر، مع ثبات النسبة التى ينشأ بها المقياسان وهى مقياس الرسم الكتابى. ويراعى فى المقياس الخطى المقارن أن يبدأ صفر تدريج المقياسين من نقطة واحدة حتى تسهل عملية المقارنة.

والمثال التالى يوضح طريقة إنشاء المقياس الخطى المقارن بصوره الثلاثة، البسيط والدقيق والشبكى، لخريطة مقياس رسمها ١ : ٨٠٠٠٠ .

(أ) المقياس الخطى البسيط المقارن :

* بالنسبة للمقياس الكيلومترى :

١ سم على الخريطة يقابله ٨٠٠٠٠ سم على الطبيعة.

١ سم على الخريطة يقابله ٨٠٠ متر على الطبيعة.

∴ س سم على الخريطة يقابلها ١٠٠٠ متر على الطبيعة (= ١ك.م.).

$$\therefore \text{س سم} = \frac{١٠٠٠ \times ١}{٨٠٠} = ١,٢٥ \text{ سم.}$$

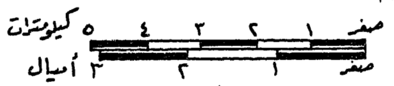
* بالنسبة للمقياس الميلى :

١ بوصة على الخريطة يقابلها ٨٠٠٠٠ بوصة على الطبيعة.

س بوصة على الخريطة يقابلها ٦٣٣٦٠ بوصة على الطبيعة ١ = ١ ميل).

$$\therefore \text{س سم} = \frac{٦٣٣٦٠ \times ١}{٨٠٠٠٠} = ٠,٧٩ \text{ بوصة.}$$

* نرسم خطاً ونقسمه من جهة إلى وحدات كل منها ١,٢٥ سم لتساوى كل منها كيلومتراً واحداً على الطبيعة. ومن الجهة الأخرى نقسمه إلى وحدات كل منها ٠,٧٩ بوصة لتساوى كل منها ميلاً واحداً على الطبيعة كما فى الشكل رقم (٨).



شكل رقم (٨) مقياس خطى بسيط مقارن ١ : ٨٠,٠٠٠

(ب) المقياس الخطى الدقيق المقارن :

نفرض أننا نريد زيادة دقة المقياس الخطى السابق إحتياه ليقيس إلى ٢٥٠ متراً بالنسبة للمقياس الكيلومترى و ٢٥٠ ياردة بالنسبة للمقياس الميلى.

نلاحظ أنه بالنسبة للمقياس الكيلومترى فليست هناك أى حاجة لأى عمليات حسابية كل مافى الأمر أنه سنضيف إلى المقياس الخطى وحدة طولها كيلومتر واحد ونقسمها إلى أربعة أقسام متساوية فيصبح طول كل قسم يساوى ٢٥٠ متراً.

أما بالنسبة للمقياس الميلى، فمن المعروف أن الميل يساوى ١٧٦٠ ياردة. وهذا القدر لايمكن تقسيمه إلى أقسام متساوية كل منها يساوى ٢٥٠ ياردة. لذلك نلجأ إلى مايلى :

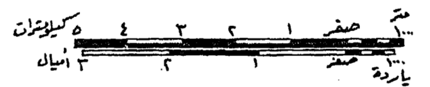
٠,٧٩ بوصة على الخريطة يقابلها ١٧٦٠ ياردة (= ١ ميل) على الطبيعة.

∴ س بوصة على الخريطة يقابلها ١٠٠٠ ياردة على الطبيعة.

$$\therefore \text{س سم} = \frac{٠,٧٩ \times ١٠٠٠}{١٧٦٠} = ٠,٤٥ \text{ بوصة.}$$

وقد تم إختيار ١٠٠٠ ياردة حيث أن الميل لايمكن تقسيمه إلى أجزاء متساوية صحيحة من الياردات. كل منها ٢٠٠ أو ٢٥٠ أو ٥٠٠ ياردة مثلاً. فنختار طولاً يتقارب مع طول الميل (١٥٠٠ أو ٢٠٠٠ ياردة) وفى هذا المثال إخترنا ١٠٠٠ ياردة، حتى يمكن تقسيمها إلى أربعة أقسام يكون كل قسم منها يساوى ٢٥٠ ياردة وهى الدقة المطلوبة.

ثم نرسم وحدة بجوار مقياس الأميال طولها ٠,٤٥ بوصة ونقسمها إلى أربعة أقسام ويصبح المقياس الخطى الدقيق المقارن كما فى الشكل الآتى (رقم ٩).



شكل رقم (٩) مقياس خطى مقارن ١ : ٨٠,٠٠٠
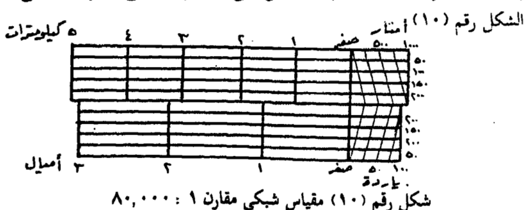
(جـ) المقياس الشبكى المقارن :

بفرض أن الدقة المطلوبة للمقياس المقارن السابق إنشاؤه، هى ٥٠ متراً للمقياس الكيلومترى و ٥٠ ياردة للمقياس الميلى.

∵ أصغر قسم فى المقياسين هى ٢٥٠ (ياردة أو متر).

∴ عدد الخطوط الأفقية اللازمة لكل مقياس = $\frac{٢٥٠}{٥٠}$ = ٥ خطوط

نرسم خمس خطوط أفقية على كل جانب من المقياس الخطى المقارن ونقسمها بالطريقة السابق ذكرها فنحصل على المقياس الشبكى المقارن كما فى الشكل رقم (١٠)



شكل رقم (١٠) مقياس شبكى مقارن ١ : ٨٠,٠٠٠

٥ – مقياس الرسم الزمنى Time Scale :

وهو يشبه مقياس الرسم الخطى المقارن، إلا أن هذه المقارنة لاتكون بين وحدات قياسية مختلفة. ولكن بين وحدات قياسية إحداها طولية والثانية زمنية. ومثل هذا النوع من المقاييس يعتمد عليها رجال الاستطلاع والاستكشاف فى الجيش فى خطوط سيرهم على الطبيعة والخرائط، لتحديد مواقعهم بالتقريب. ذلك لأن هذا المقياس يربط المسافة بالزمن.

إختيار مقياس رسم مناسب للخريطة

يتحدد مقياس الرسم تبعاً لأبعاد ورق الرسم المستعمل، وكذلك أبعاد المنطقة المطلوب رسم خريطة لها. ويراعى ترك مسافة مناسبة على كل جانب من جوانب ورقة الرسم تتراوح بين ٢ ، ٥ سم طبقاً لاتساع الورق. فكلما زادت مساحة ورقة الرسم كلما زادت أيضاً المسافة الهامشية بين إطار الخريطة و[illegible]ق المستخدم. ويجب أن يكون أطول بعد للورق فى اتجاه طول الخريطة.

ويحسب مقياس رسم للطول وآخر للعرض ويؤخذ أصغرهما بعد تقريبه إلى مقاييس الرسم الشائعة.

فإذا فرضنا أنه لدينا لوحة من الورق أبعادها ٤٠ × ٦٠ سم، يراد توقيع منطقة عليها، أبعادها ١٣,٥ × ٨,٥ كيلومترات.

(أ) يترك هامش قدره حوالى ٢ سم من كل جانب على لوحة الورق فيصبح صافى أبعاد ورقة الرسم التى ستوقع داخلها الخريطة المطلوبة ٣٦ × ٥٦سم.

(ب) يكون المقياس الطولى للخريطة :

$$= \frac{٥٦}{١٠٠,٠٠٠ \times ١٣,٥} = \frac{١}{٢٤١٥٧}$$ (تهمل الكسور)

والمقياس العرضى للخريطة :

$$= \frac{٣٦}{١٠٠,٠٠٠ \times ٨,٥} = \frac{١}{٢٣٦١١}$$

(جـ) من الوجهة النظرية يكون المقياس ١ : ٢٤١٥٧ هو مقياس الرسم الذى يسمح ببيان خريطة المنطقة فى فراغ ورقة الرسم. ولكنه مقياس غير شائع الاستعمال، فضلاً عن أنه متعب فى توقيع الأبعاد، لذلك يؤخذ أقرب المقاييس إليه وهو ١ : ٢٥٠٠٠ .

$$\text{فيكون طول الخريطة} = \frac{١ \times ١٠٠,٠٠٠ \times ١٣,٥}{٢٥٠٠٠} = ٥٤ \text{ سم}$$

$$\text{وعرض الخريطة} = \frac{١ \times ١٠٠,٠٠٠ \times ٨,٥}{٢٥٠٠٠} = ٣٤ \text{ سم}$$

إيجاد مقياس رسم خريطة مجهولة المقياس

فى بعض الأحيان، قد نصادف خريطة مجهولة المقياس، أى غير موضح عليها أى نوع من أنواع مقاييس الرسم. ولتحديد مقياس رسم مثل هذه الخريطة، نأتى بخريطة معلومة المقياس تشمل المنطقة التى تبينها الخريطة المجهولة المقياس، أو جزء منها. نبحث عن ظاهرتين ممثلتين فى كلا الخريطتين مثل مواقع المدن أو تقاطع طرق أو سكك حديد أو تقاطع خطوط الطول مع دوائر العرض.. إلخ. تقاس المسافة بين هاتين الظاهرتين فى كلا الخريطتين.

فيكون مقياس رسم الخريطة المجهولة :

$$= \frac{\text{الطول على الخريطة المجهولة}}{\text{الطول على الخريطة المعلومة}} \times \text{مقياس رسم الخريطة المعلومة}$$

فإذا فرض أن لدينا خريطة مقياس رسمها مجهول، وأردنا تحديد مقياس رسمها. وبالبحث عن خريطة تمثل نفس المنطقة، وجدنا خريطة بمقياس رسم ١ : ٢٥٠٠٠ . قيس البعد بين هدفين موقعين على كلا الخريطتين ، فكان طوله

على الخريطة المجهولة ١٥ سم وعلى الخريطة المعلومة ١٨ سم.

∴ مقياس رسم الخريطة المجهولة :

$$= \frac{١٥}{١٨} \times \frac{١}{٢٥٠٠٠} = \frac{١}{٣٠,٠٠٠}$$

* * *

أمثلة وتمارين

المثال الأول :

المطلوب رسم مقياس خطى يقيس إلى كيلومترات لخريطة مقياسها ١ : ١٥٠٠٠٠ .

طريقة الإجابة :

من المعروف أن مقياس الخريطة الكسرى أو النسبي يذكر دائماً بوحدة واحدة، ومعنى ذلك أن مقياس رسم هذه الخريطة هو ١ سم مثلاً يقابله ١٥٠٠٠٠ سم على الطبيعة أو متر واحد يقابله ١٥٠٠٠٠ متر على الطبيعة أو ١ بوصة لكل ١٥٠٠٠٠ بوصة وهكذا.

ولما كان المطلوب فى هذا المثال رسم مقياس خطى يقيس إلى كيلومترات، فيجرى العمل على النحو الآتى :

١ سم على الخريطة يقابله ١٥٠٠٠٠ سم على الطبيعة.

أى أن ١ سم على الخريطة يقابله ١٥٠٠ متر على الطبيعة.

أو ١ سم على الخريطة يقابله ١,٥ كيلومتر على الطبيعة.

∴ س سم على الخريطة يقابلها ١ كيلومتر على الطبيعة .

$$\therefore \text{س سم} = \frac{1 \times 1}{1.5} = 0.67 \text{ سم}$$

أى أن ٠,٦٧ سم على الخريطة يقابلها كيلومتر واحد على الطبيعة.

إلا أنه من الصعب رسم وحدة طولها ٠,٦٧ سم – ليقابلها كيلومتر واحد – بدقة لأنه لايمكن تقسيم السنتيمتر إلى مائة قسم حتى يمكن تحديد الجزء المطلوب وهو ٠,٠٧ سم. وللتغلب على هذه العقبة تضاعف طول الوحدة المطلوبة بالطريقة الآتية :

٠,٦٧ سم = ١ كيلومتر (بضربهما × ١٠).

∴ ٦,٧ سم = ١٠ كيلومترات.

ثم نقوم برسم خط طوله ٦,٧ سم فيساوى ١٠ كيلومترات.

ولتقسيم هذا الخط إلى عشرة أقسام متساوية، نستخدم إحدى الطريقتين السابق ذكرهما (١).

وبعد تقسيم خط المقياس إلى أقسام متساوية طول كل منها = ١ كيلومتر، يكتب عليه الأطوال الدالة عليها فى الطبيعة مباشرة، ويمكن أن يتخذ المقياس الخطى أحد الأشكال المبينة فى الشكل (رقم ١١) فى صورته النهائية.

٠ ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ كيلومترات

٠ ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ كيلومترات

٠ ١ ٢ ٣ ٤ ٥ ٦ ٧ ٨ ٩ ١٠ كيلومترات

شكل رقم (١١) مقياس رسم خطى ١ : ١٥٠٠٠٠ بأشكال مختلفة

المثال الثانى :

إذا كان طول الطريق الصحراوى بين القاهرة والإسكندرية على خريطة ما يبلغ ٤٤ سم فما مقياس رسم هذه الخريطة، علماً بأن طول هذا الطريق ٢٢٠ كيلومتراً مع رسم مقياساً خطياً لهذه الخريطة يقيس إلى كيلومترين.

طريقة الإجابة :

١ – لمعرفة مقياس رسم الخريطة :

طول الطريق الصحراوى على الخريطة ٤٤ سم وعلى الطبيعة ٢٢٠ كيلومتراً أى أن كل ١ سم على الخريطة يقابله $\frac{٢٢٠}{٤٤}$ = ٥ كيلومتر ات على الطبيعة.

فيكون مقياس رسم الخريطة هو ١ سم لكل ٥ كيلومترات.

---

(١) انظر ص ١٩ – ٢٠.

ولما كان مقياس الرسم يذكر طرفيه بوحدة واحدة.

فيكون مقياس رسم هذه الخريطة هو ١ سم لكل ٥٠٠٠٠٠ سم

ويمكن كتابة هذا المقياس على هيئة كسر بيانى $\frac{١}{٥٠٠,٠٠٠}$.

٢ - رسم المقياس الخطى المطلوب :

نرسم خطاً أفقياً طوله ٨ سم ونقسمه إلى أقسام كل منها يساوى ٢ سم. وبما أن مقياس الرسم هو ١ سم لكل ٥ كيلومترات، فنكتب على أقسام هذا الخط الطول بالكيلومترات مباشرة مبتدئين من نهاية القسم الأول برقم صفر ثم الثاني برقم ١٠ ثم الثالث برقم ٢٠ ثم الرابع برقم ٣٠ ويكتب بجواره «كيلومتراً» كما فى الشكل رقم (١٢).

شكل (١٢) مقياس خطى ١ : ٥٠٠٠٠٠

ولبيان الدقة المطلوبة بالمقياس وهى ٢ كيلومتر، نقسم القسم الأول وطوله ٢ سم (أى ٢٠ ملليمترا) إلى خمسة أقسام طول كل منها ٤ ملليمترات، فتساوى ٢ كيلومتر وهى الدقة المطلوبة. ثم نبدأ ترقيم هذا الجزء إبتداء من الصفر السابق كتابته وفى الإتجاه المضاد وتكتب ٢ ، ٤ ، ٦ ، ٨ ، ١٠ كيلومترات.

المثال الثالث :

إرسم مقياساً مقارناً يقيس إلى أميال وكيلومترات لخريطة مقياس رسمها ١ : ١٢٥٠٠٠.

طريقة الإجابة :

هذا المثال عبارة عن مقياسين خطيين منطبقين على بعضهما، والأقسام العليا للخط تبين الكيلومترات (مثلاً)، والأقسام السفلى تبين الأميال أو العكس.

ولرسم المقياس الخطى الكيلومترى.

١ سم على الخريطة = ١٢٥٠٠٠ سم على الطبيعة.

∴ ١ سم على الخريطة = ١,٢٥ ك.م على الطبيعة.

∴ س سم على الخريطة = ١ ك.م على الطبيعة.

∴ س سم = $\frac{١ \times ١}{١,٢٥}$ = ٠,٨ سم

أى أن كل ٠,٨ سم على الخريطة تقابل كيلومتراً واحداً على الطبيعة.

فتقسم خط المقياس من جهته العليا إلى أقسام طول كل منها يساوى ٨ ملليمترات ويكتب عليه أرقام من صفر إلى نهايته (حسب طوله بالنسبة للخريطة) كما فى الشكل رقم (١٣).

ولرسم مقياس الأميال الخطى :

كل ١ بوصة على الخريطة= ١٢٥٠٠٠ بوصة على الطبيعة.

∴ س بوصة على الخريطة = ٦٣٣٦٠ بوصة على الطبيعة = ١ ميل.

∴ س بوصة = $\frac{٦٣٣٦٠ \times ١}{١٢٥٠٠٠}$ = ٠,٥٠٧ بوصة = ٠,٥١ بوصة (مقربة)

أى أن كل ٠,٥١ بوصة على الخريطة تعادل ميلاً واحداً على الطبيعة.

كيلومترات ١٠ ٩ ٨ ٧ ٦ ٥ ٤ ٣ ٢ ١ ٠
أميال ٦ ٥ ٤ ٣ ٢ ١ ٠

شكل رقم (١٣) مقياس مقارن ١ : ١٢٥٠٠٠

فنقوم بتقسيم الناحية المقابلة للمقياس الكيلومترى إلى أقسام كل منها = ٠,٥١ بوصة مع مراعاة أن يبدأ التقسيم من نقطة الصفر التى بدأنا منها تقسيم المقياس الكيلومترى وتكتب على هذه الأقسام الطول المقابل لها بالميل كما فى الشكل.

المثال الرابع :

قطعت سيارة مسافة ما كان طولها على خريطة مقياس رسمها غير

معروف ١٠,٧٥ سم فـي مدة ٦ دقـائق، علماً بأنهـا تسير بسرعة ٧٥ كيلومتراً في الساعة. والمطلـوب معرفة مقياس رسم الخريطة ورسم مقياس شبكي لها يقيس إلى ٥٠ متراً.

طريقة الإجابة :

المسافة التي قطعتها السيارة = $\frac{٧٥}{٦٠}$ × ٦ = ٧,٥ ك.م.

(مقدار ما تقطعه السيارة في الدقيقة الواحدة مضروباً في عدد الدقائق المذكور بالمثال).

∴ ١٠,٧٥ سم على الخريطة = ٧,٥ ك.م. على الطبيعة.

∴ ١٠,٧٥ سم على الخريطة = ٧٥٠٠ متر على الطبيعة.

∴ ١ سم على الخريطة = س متر على الطبيعة

∴ س متر = $\frac{٧٥٠٠ \times ١}{١٠,٧٥}$ = ٦٩٧,٦ متر = ٧٠٠ متر (بعد التقريب)

أي أن مقياس رسم هذه الخريطة النسبي هو ١ : ٧٠٠٠٠

ولرسم المقياس الشبكي لهذه الخريطة تجرى الآتي :

١ سم على الخريطة = ٧٠٠ متر على الطبيعة

∴ س سم على الخريطة = ١٠٠٠ متر على الطبيعة.
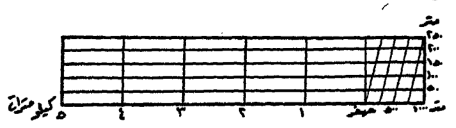
∴ س سم = $\frac{١٠٠٠ \times ١}{٧٠٠}$ = ١,٤٣ سم.

ولبيان المقياس الشبكي نأخذ وحدة من المقياس الخطي طولها ١,٤٣ سم ونقسمها إلى ٤ أقسام متساوية.

فيكون طول كل قسم منها = $\frac{١٠٠٠}{٤}$ = ٢٥٠ متراً.

ولمعرفة عدد الخطوط الأفقية : $\frac{\text{طول أصغر قسم في المقياس}}{\text{الدقة المطلوبة}}$ = $\frac{٢٥٠}{٥٠}$ = ٥ خطوط

فيرسم خمس خطوط أفقية موازية لخط المقياس (سواء أعلاه أو أسفله) وعلى مسافات ثابتة مناسبة (كل ٢ أو ٣ ملليمترات مثلاً) ثم توصل أقسام المقياس الرئيسية (الكيلومترات) إلى مايقابلها على الخط الخامس، أما الأقسام الفرعية التى تبين أقسام الكيلومتر فتوصل كما فى الشكل رقم (١٤) فينتج بذلك المقياس الشبكى بالدقة المطلوبة.



شكل رقم (١٤) مقياس شبكي دقته ٥٠ متراً لمقياس خطى ١ / ٧٠٠٠٠

المثال الخامس :

صمم مقياساً شبكياً مقارناً يقيس إلى أميال وكيلومترات لخريطة مقياس رسمها ١ / ٧٥٠٠٠ مع دقة تصل إلى ٥٠ متراً و ٥٠ ياردة.

طريقة الإجابة :

هذا المقياس المقارن عبارة عن مقياسين مرسومين على خط واحد الأعلى مثلاً يقيس إلى كيلومترات وأمتار والأسفل يقيس إلى أميال وياردات. كما أن هذين المقياسين شبكيان نظراً لصغر الدقة المطلوبة، كما يجب أن يبدأ صفر تدريج المقياسين من نقطة واحدة.

فبالنسبة للمقياس الخطى الكيلومترى :

١ سم على الخريطة = ٧٥٠٠٠ سم على الطبيعة.

أى أن ١ سم على الخريطة = ٧٥٠ متراً على الطبيعة.

∴ س سم على الخريطة = ١٠٠٠ متر (= ١ ك.م.) على الطبيعة

$$\therefore \text{س سم} = \frac{١٠٠٠ \times ١}{٧٥٠} = ١,٣٣ \text{ سم}$$

نقوم برسم خط وتقسيمه إلى وحدات طول كل منها ١,٣٣ سم أى واحد كيلومتر، وبالطبع لايمكن تقسيم هذه الوحدة إلى ٢٠ قسماً ليكون كل قسم = ٥٠ متراً (٥٠ متر × ٢٠ قسم = ١٠٠٠ متر = وحدة طولها ١,٣٣ سم على الخريطة طبقاً لهذا المقياس).

لذلك نقسم هذه الوحدة إلى أربعة أقسام مثلاً، فيكون طول كل قسم = $\frac{١٠٠٠}{٤}$ = ٢٥٠ متراً.

فيكون عدد الخطوط الأفقية الواجب رسمها

= $\frac{\text{طول أصغر قسم فى المقياس}}{\text{الدقة المطلوبة}}$ = $\frac{٢٥٠}{٥٠}$ = ٥ خطوط

ثم يرسم المقياس الكيلومترى كما فى الشكل رقم (١٥)

وبالنسبة لمقياس الأميال الخطى :

١ بوصة على الخريطة = ٧٥٠٠٠ بوصة على الطبيعة.

∴ س بوصة على الخريطة = ٦٣٣٦٠ بوصة (= ١ ميل) على الطبيعة .

∴ س = $\frac{٦٣٣٦٠ \times ١}{٧٥٠٠٠}$ = ٠,٨٤ بوصة (مقربة)

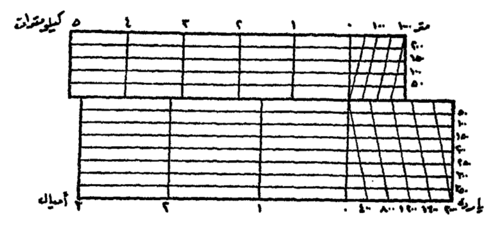
أى أن كل ٠,٨٤ بوصة على الخريطة يقابلها ميل واحد على الطبيعة.

ولتصميم المقياس الشبكى لقياس ٥٠ ياردة :

٠,٨٤ بوصة = ١ ميل = ١٧٦٠ ياردة

∴ س بوصة = ٢٠٠٠٠ ياردة

∴ س = $\frac{٦٣٣٦٠ \times ١}{٧٥٠٠٠}$ = ٠,٩٥ بوصة



شكل رقم (١٥) مقياس رسم شبكي مقارن ١ : ٧٥٠٠٠

وقد تم إختيار ٢٠٠٠ ياردة، حيث أن الميل لايمكن تقسيمه إلى أجزاء متساوية صحيحة، فيختار طولاً يتقارب مع طول الميل ١٥٠٠ أو ٢٠٠٠ ياردة وفي هذا المثال تم إختيار ٢٠٠٠ ياردة.

ثم نرسم وحدة بجوار مقياس الأميال طولها ٠,٩٥ بوصة، وبالطبع لايمكن تقسيم هذه الوحدة إلى ٤٠ قسماً ليكون طول القسم = ٥٠ ياردة وهي الدقة المطلوبة، ولكن من الممكن تقسيم هذه الوحدة إلى أقسام واضحة عددها ٥ مثلاً فيكون طول كل منها = $\frac{٢٠٠٠}{٥}$ = ٤٠٠ ياردة.

عدد الخطوط الأفقية = $\frac{٢٠٠٠}{٥}$ = ٨ خطوط

ثم يرسم المقياس الشبكي كما في الشكل رقم (١٥).

وعند الرسم ستقابلنا بعض مشكلات منها مثلاً أنه لايمكن رسم قسم طوله ١,٣٣ سم بدقة فائقة ولذلك فيمكننا أن نضاعف هذه الوحدة ثم نقسم الخط الناتج إلى أقسام تساوي عدد المضاعفات، كما سبق أن أوضحنا .. كما يراعى عند الرسم أن المقياسين منطبقان ويبدآن من نقطة واحدة هي نقطة الصفر ويكون الترقيم من الجهتين العليا والسفلى للمقياس.

تمارين على مقاييس الرسم

١ – إرسم مقياساً خطياً يقيس إلى كيلومترات وأجزائها وآخر يقيس إلى أميال وأجزائه لخريطة مقياسها ١ / ٣٠٠٠٠٠ .

٢ – اذكر الكسر البياني للمقاييس الآتية الكتابية :

ربع بوصة للميل – ٢ بوصة لكل ٥ ميل – ٢ سم لكل ٥ كيلومترات – نصف سم لكل ربع كيلومتر – ٣,٥٥ سم لكل ٢٠٠ قصبة (القصبة ٣,٥٥ متر).

٣ – صمم مقياساً خطياً يقيس إلى مائة ياردة لخريطة مقياسها الكتابى ٤ بوصات للميل الواحد.

٤ – قسم خطاً طوله ٥ سنتيمرات إلى مائة قسم متساوى بطريقة المقياس الشبكى.

٥ – سيارة تسير بسرعة ٤٢ ميلاً فى الساعة، قطعت طريقاً مستقيماً بين نقطتين فى عشر دقائق. فإذا كان هذا البعد على خريطة ماهو ٧,٠٤ سم ، فما هو المقياس الكسرى لهذه الخريطة، مع رسم مقياساً خطياً لها يقيس إلى كيلومترات.

٦ – لوحة مقياس رسمها بوصة لكل ياردة، إرسم مقياساً شبكياً لها يقيس إلى ياردات وأقدام وبوصات، ثم عين بهذا المقياس بعداً قدره ياردة وقدمين وتسع بوصات.

٧ – خريطة فرنسية مقياس رسمها ١ : ٨٠٠٠٠ ، بين هذا المقياس بالطريقة الشبكية المقارنة بحيث يقيس إلى الكيلومتر وأجزائه (١٠٠ متر) والميل وأجزائه (٢٠٠ ياردة).

٨ – إرسم تصميماً لحجرة أبعادها ٧ ياردات × ٩ ياردات وقدمين وذلك بمقياس رسم بوصة لكل خمسة أقدام مع رسم المقياس الخطى وذكر كسره البيانى.

٩ – إرسم مقياساً شبكياً يمثل ٣ بوصات للميل الواحد ويقيس إلى ٢٠ ياردة.

١٠ – صمم مقياساً شبكياً بنسبة $\frac{١}{١٨}$ يقيس إلى بوصات وأقدام وياردات.

١١ – رحالة يسير بسرعة منتظمة كل ٤ كيلومترات فى الساعة – قام من نقطة

معينة متتبعاً إتجاه البوصلة نحو الشمال مقدار ساعة وثلث ثم إتجه جهة الشمال الشرقي مقدار ساعة واحدة ثم جهة الغرب مقدار ساعة ونصف ثم سار جنوباً لمدة ساعتين. عين خط سيره بالرسم الدقيق وأوجد طول المسافة بين النقطة التي وصل إليها والنقطة التي بدأ منها والوقت الذي يستغرقه في قطعها، ثم إرسم مقياساً خطياً يقيس إلى كيلومترات وساعات. إستخدم مقياس رسم ١/١٢٥٠٠٠.

١٢ – قسم خطاً طوله ٤٧ ملليمتراً إلى ١٥٠ قسماً بطريقة المقياس الشبكي.

١٣ – اذكر الكسر البياني للمقاييس الآتية :

بوصة لكل $\frac{١}{٢}$ ٣ أميال – $\frac{١}{٤}$ ١ سم لكل $\frac{١}{٢}$ ٣ ك.م. – ٥ بوصة لكل ١٧٥ ياردة – ٢,٢ سم لكل ١٥٠٠ ياردة.

١٤ – خريطة مقياسها ١ : ٣٢٥٠٠ ، إرسم مقياساً خطياً لها يقيس إلى كيلومترات، مع إنشاء مقياس شبكي عليه يقيس إلى عشرات الأمتار.

١٥ – خريطة مقياسها $\frac{١}{٤}$ بوصة للميل – إرسم مقياساً خطياً لها يقيس إلى الميل ونصفه وربعه.

١٦ – إرسم مقياساً شبكياً يقيس إلى $\frac{١}{١٠٠}$ من القدم بنسبة قدم لكل بوصة.

١٧ – إرسم مقياساً شبكياً يقيس إلى نصف بوصة و$\frac{١}{١٠٠}$ من البوصة وبين بواسطته بعداً يساوي ٠,٧٧ وآخر يساوي ٢,٥٤ بوصة (مقياس الرسم ١ :١).

١٨ – خريطة مجهولة المقياس – ظهر عليها هدفان المسافة بينهما في الطبيعة ١٨ ك.م. بينما كانت المسافة بينهما على هذه الخريطة ٤,٥ سم. كم يكون مقياس رسم هذه الخريطة.

١٩ – على صورة جوية ظهر مدرج هبوط للطائرات بطول ٦,٧٥ سم فإذا كان طوله على الطبيعة ٢٠٢٥ متراً كم يكون مقياس رسم هذه الصورة.

٢٠ – إرسم مقياساً شبكياً مقارناً يقيس إلى أميال وكيلومترات لخريطة مقياس رسمها ١/٢٥٠٠٠٠ بحيث يقيس إلى الميل ودقة ٢٠٠ ياردة وإلى الكيلومتر ودقة ٢٠٠ متر.

***

الفصل الثانى

الورنـــيات

أى مقياس طولى أو دائرى، يمكن تقسيمه إلى أجزاء صغيرة فى حدود معينة، لايمكن تجاوزها إلى أصغر منها، إلا فى حدود يصبح بعدها من المتعذر إجراؤها عملياً، وإلا أصبحت الأقسام متقاربة ومزدحمة لدرجة لايمكن تمييزها، وبالتالى لايمكن الإعتماد عليها فى توقيع الأبعاد أو القياس أو إستنتاجها منها. وفى أجهزة القياس الدقيقة لايمكن الإلتجاء إلى تقسيم الوحدات القياسية إلى أقسام صغيرة، لأنه يتعذر تقدير الكسور الصغيرة بدقة بالإضافة إلى صعوبة التقسيم ميكانيكياً فى الأجهزة ، فضلاً عن أنه يتعذر على العين أن تميز بين قسم وآخر، وحتى لو تسنى ذلك باستعمال عدسة مكبرة فإنه مضيعة للوقت والجهد.

وللتغلب على هذه الصعوبات، تستعمل الورنية Vernier [1]. وفكرتها مبنية على أن العين تستطيع بسهولة وبدون إرهاق، أن ترى قسماً معيناً من مقياس ما، ينطبق على قسم معين فى مقياس ثان، مكونين معاً خطاً مستقيماً مستمراً «يسمى خط الإنطباق».

والورنية عبارة عن مقياس صغير، مستقيم أو دائرى، تتحرك أو تنزلق حافته المدرجة، على حافة تدريج المقياس الأصلى، لتقدير كسور صغيرة من وحدات هذا المقياس بدقة فائقة.

فمثلاً تقسم المسطرة عادة إلى سنتيمترات وملليمترات. ويتعذر تقسيم الملليمتر إلى أجزاء أصغر. كما تقسم المنقلة عادة إلى درجات، ولايمكن تقسيم الدرجة إلى ٦٠ دقيقة مثلاً. بينما يمكن للورنية أن تبين لنا أجزاء أدق من الملليمتر كأن تقسمه إلى أجزاء أصغر (١٠ أو ٢٠ أو ٥٠ قسماً)، كما يمكن لها أن تقسم الدرجة إلى ٦٠ قسماً أو أكثر. وذلك بصورة غير مباشرة كما سنوضح فيما بعد.

---

(١) اخترعها العالم الفرنسى P. Vernier عام ١٦٣١.

وليست الورنية قاصرة فى إستخدامها على المسطرة أو المنقلة، بل نجدها فى معظم الأجهزة التى نستخدمها سواء كانت هذه الأجهزة خاصة بالمساحة أو أى أجهزة أخرى تستدعى تقسيم وحدات القياس بها إلى أجزاء أصغر.

والورنيات أنواع عدة، يمكن تقسيمها على أساس شكلها، فهناك الورنيات المستقيمة وتستعمل مع المقاييس المستقيمة مثل المسطرة، البلانيستر (جهاز خاص بإيجاد المساحات على الخرائط) التيلوتوب (جهاز خاص بإيجاد المسافات فى الطبيعة)، الترمومتر (الخاص بقياس درجة الحرارة) وغيرها من الأجهزة المختلفة. وهناك الورنيات التى تبدو على شكل قوس من دائرة وتستعمل مع المقاييس الدائرية مثل المنقلة، التيودوليت (جهاز خاص بقياس الزوايا الأفقية والرأسية) السكستان (جهاز يستخدم فى المساحة البحرية) وغيرهما.

كما يمكن تقسيم الورنيات على أساس طريقة تصميمها أو إنشائها. فهناك الورنيات الأمامية Direct Verniers ، وهى أكثرها شيوعاً وإستخداماً لسهولتها وفيها يكون عدد أقسام الورنية يزيد قسماً واحداً عن عدد أقسام المقياس (كما سنوضح فيما بعد)، كما أن تدريج الورنية يتزايد فى إتجاه تزايد تدريج المقياس. وهناك الورنيات العكسية Retrograde Verniers وهى قليلة الإستخدام. وفيها يكون عدد أقسام الورنية يقل بمقدار قسم واحد عن عدد أقسام المقياس، كما يتزايد تدريج الورنية فى عكس الإتجاه الذى يتزايد فيه تدريج المقياس. وهناك الورنيات المزدوجة Double Verniers وهى عبارة عن ورنيتين أماميتين يشتركان فى صفر تدريجهما، ويتزايد تدريج إحداهما فى عكس إتجاه تدريج الأخرى وتستعمل مع المقاييس المدرجة فى إتجاهين متضادين (كما فى بعض أنواع المنقلة).

تصميم الورنية :

نبين فى المثال التالى تبسيطاً لفكرة الورنية وكيفية إستعمالها. ونفرض أن لدينا مسطرة عادية مقسمة إلى سنتيمترات وملليمترات. ونريد زيادة دقة القياس بهذه المسطرة إلى ٠,١ ملليمتر أى إلى درجة تمكننا من تقسيم كل ملليمتر على تدريج المسطرة إلى عشرة أجزاء. وواضح أنه من المستحيل عملياً تقسيم الملليمتر

إلى عشرة أقسام، لذلك نلجأ إلى تصميم ورنية لهذه المسطرة، يمكن عن طريقها تحقيق زيادة دقة المسطرة إلى ٠,١ ملليمتر.

نأخذ تسعة أقسام من المقياس (أى تسعة ملليمترات) ونقسمها إلى عشرة أقسام متساوية، فيكون طول كل قسم من أقسام الورنية = ٠,٩ من الملليمتر. وبالتالى يكون الفرق بين كل قسم من أقسام المقياس وكل قسم من أقسام الورنية = ٠,١ ملليمتر. ومن الشكل رقم (١٦) :

س : أصغر قسم فى المقياس وهو يساوى ملليمتر واحد.

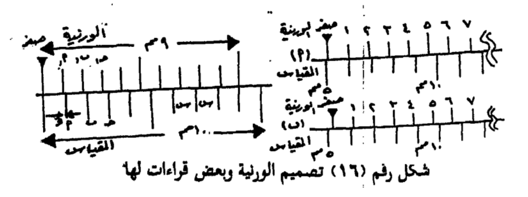
و : الدقة المطلوبة للورنية = ٠,١ ملليمتر (المسافة $أ_١$ أ).

ن : عدد أقسام الورنية = ١٠ أقسام

أى أن : دقة الورنية = $\frac{\text{أصغر قسم فى المقياس}}{\text{عدد أقسام الورنية}}$ أو و = $\frac{\text{س}}{\text{ن}}$

فإذا تحركت الورنية قليلاً بحيث إنطبق القسم $أ_١$ فى الورنية على القسم أ فى المقياس، فإن صفر الورنية يكون قد تحرك مسافة قدرها ٠,١ ملليمتر وتصبح القراءة ٥,١ ملليمترات كما فى شكل رقم (١٦ – أ).

والمسافة $ب_١$ ب = ٠,٢ ملليمتر (لأن طول القسمين على المقياس = ٢ ملليمتر ، بينما طول القسمين على الورنية = ١,٨ ملليمتر). فإذا تحركت الورنية على المقياس، بحيث إنطبق القسم $ب_١$ فى الورنية على القسم ب فى المقياس. فإن صفر الورنية يكون قد تحرك مسافة قدرها ٠,٢ ملليمتر وتصبح القراءة على المقياس ٥,٢ ملليمترات كما فى الشكل رقم (١٦ – ب).



شكل رقم (١٦) تصميم الورنية وبعض قراءات لها

وعموماً، وإذا تحركت الورنية حتى إنطباق القسم هـ منها على قسم من أقسام المقياس فإن الورنية تكون قد تحركت هـ × و أو بمعنى آخر عدد أقسام الورنية حتى خط الإنطباق مضروباً فى دقة الورنية.

١ - الورنيات الأمامية :

تتميز الورنية الأمامية بأن تدريج الورنية يكون فى إتجاه المقياس كما أن عدد أقسامها يزيد قسماً واحداً على عدد أقسام المقياس المقابلة لها.

وأساس تصميم هذا النوع أن يكون لدينا مقياس معلوم طول كل قسم من أقسامه س ويراد إنشاء ورنية له تبين دقة قدرها (و). لذلك يكون عدد أقسام الورنية (ن)، يقابل عدداً من أقسام المقياس قدره (ن - ١).

$$\text{أى أن عدد أقسام الورنية} = \frac{\text{طول أصغر قسم فى المقياس}}{\text{الدقة المطلوبة}} \quad \text{أو} \quad ن = \frac{س}{و}$$

وتستعمل الورنية الأمامية فى الحالات الآتية :

* أن يكون المطلوب تصميم الورنية لتبين دقة معينة على المقياس.
* قراءة الورنية، أى ما يعينه صفر الورنية على المقياس.
* ضبط الورنية على المقياس فى وضع يبين قراءة معينة.
* معرفة دقة ورنية مثبتة فى جهاز ما .

والأمثلة التالية توضح "الحالات السابق ذكرها.

أ - تصميم ورنية لتبين دقة معينة على المقياس :

منقلة مقسمة إلى درجات ونصف الدرجة، مطلوب تصميم ورنية لها حتى تصبح دقتها دقيقة واحدة.

فى هذه الحالة طول أصغر قسم على المقياس (المنقلة) س = ٣٠َ

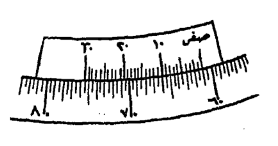
عدد أقسام الورنية = $\frac{٣٠}{١}$ = ٣٠ قسم

ويكون عدد الأقسام على المقياس والمقابلة لطول الورنية.

= ٣٠ - ١ = ٢٩ قسماً.

أى = ٣٠ × ٢٩ = ٣٠َ ١٤°.

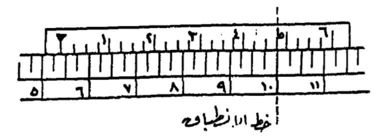
ولإنشاء الورنية نأخذ ٢٩ قسماً من أصغر أقسام المقياس (نصف درجة) أى ٣٠َ ١٤° ، ونقسمها إلى ٣٠ قسماً على الورنية كما فى الشكل رقم (١٧).



شكل رقم (١٧) ورنية دقتها ١َ لمقياس مقسم إلى نصف الدرجة

ب- قراءة الورنية على المقياس:

الشكل التالى رقم (١٨) يوضح جزءاً من مسطرة تفدين تقيس إلى الفدان وربع الفدان (٦ قيراط)، مركب عليها ورنية دقتها $\frac{١}{٤}$ قيراط (٦ أسهم)، والمطلوب معرفة ما تدل عليه قراءة المقياس والورنية.



شكل رقم (١٨) مسطرة تفدين دقتها $\frac{١}{٤}$ فدان وورنية دقتها $\frac{١}{٤}$ قيراط

لقراءة المقياس والورنية تجرى مايلى :

* نقرأ المقياس حتى الجزء الذى يقع قبل بدء تدريج الورنية مباشرة.
* نعد أقسام الورنية حتى الخط الذى ينطبق فيه أحد أقسام الورنية مع أحد أقسام المقياس.
* نضرب عدد أقسام الورنية حتى خط الإنطباق × دقة الورنية فينتج ما تقرأة الورنية.

وعلى ذلك يكون، مايمكن قراءته على المقياس = ٥ $\frac{١}{٤}$ فدان

= ٦ ط ٥ ف [1]

ما تقرأه الورنيـــــــة = ١٩ × $\frac{١}{٤}$ = ٤ $\frac{٣}{٤}$ قيراط

= ١٨ س ٤ ط

	س	ط	ف		س	ط	ف		س	ط	ف
∴ القراءة الكاملة =	٠٠	٦	٥	+	١٨	٤	٠٠	=	١٨	١٠	٥

أى أن القراءة الكاملة هى القراءة على المقياس حتى القسم الذى يقع قبل صفر الورنية + (عدد أقسام الورنية من الصفر حتى خط الإنطباق × دقة الورنية).

جـ- ضبط الورنية على قراءة معينة:

ثيودوليت قرصه الأفقى مقسم إلى درجات وثلث الدرجة، مركب عليه ورنية عدد أقسامها ٦٠ قسماً. والمطلوب ضبط الورنية والقرص على الزاوية ٤٠ ٢٥ ٧١°.

فى هذه الحالة نجد أن القراءة تنقسم إلى قسمين : قسم نحدده على المقياس مباشرة وقسم آخر نحدده على الورنية.

ولابد لنا من التعرف على المقياس والورنية، حتى يمكن تحديد ما يمكن قراءته على المقياس ومايمكن قراءته على الورنية.

والمقياس هنا مقسم إلى درجات وثلث الدرجة أى أنه مقسم إلى درجات وكل درجة مقسمة إلى ثلاثة أجزاء كل منها تساوى ٢٠ دقيقة.

---

(١) الفدان وحدة مساحية = ٢٤ قيراط، القيراط = ٢٤ سهم.

وعلى ذلك فإن أقرب قراءة يمكن تحديدها على المقياس هى ٤٠′ ٧١° .

ماتعينه الورنية = القراءة المطلوب تعيينها − مايمكن قراءته على المقياس.

= ٤٠″ ٥٢′ ٧١° − ٠٠″ ٤٠′ ٧١°

= ٤٠″ ١٢′ ٠٠°

والورنية عدد أقسامها ٦٠ قسماً وبذلك تكون دقتها :

$= \frac{\text{٢٠}'}{\text{٦٠}} = \frac{\text{١}'}{\text{٣}} =$ ٢٠″ أى أن كل قسم من أقسام الورنية دقته ٢٠″ .

ولبيان عدد أقسام الورنية التى يحدث عندها الإنطباق :

فهو يكون عند القسم = ماتعينه الورنية ÷ دقة الورنية

= ٤٠″ ١٢′ ÷ ٢٠″ = ٣٨ قسما

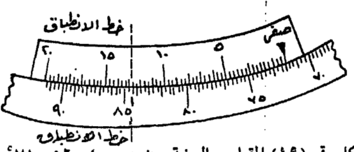
أى أن القسم الثامن والثلاثين على الورنية يجب أن ينطبق على أحد أقسام المقياس. ولتحديد مكان الإنطباق على المقياس.

= القراءة التى يعينها المقياس + (عدد أقسام الورنية التى يحدث عندها الإنطباق × قيمة أصغر قسم للمقياس).

= ٤٠′ ٧١° + (٣٨ × ٢٠″)

= ٤٠′ ٧١° + ٤٠″ ١٢′ = ٢٠′ ٨٤°

نحرك الورنية حتى يصبح صفرها بين القراءتين ٤٠′ ٧١° ، ٠٠′ ٧٢° على المقياس. وبمسمار الحركة البطيئة نحرك الورنية حتى ينطبق القسم الـ ٣٨ عليها على تدريج المقياس عند ٢٠′ ٨٤° كما فى الشكل التالى رقم (١٩).



شكل رقم (١٩) المقياس والورنية يوضحان ٤٠″ ٥٢′ ٧١°

٢ - الورنيات العكسية :

وهـى قليلة الإستعمال، رغـم أنهـا أدق من الورنيات الأمامية. تتميز بأن إتجـاه تدريج الورنيـة فى عكس إتجـاه تدريج المقيـاس المركبة عليه. كما تتميز بأن عـدد أقسامها يقل بمقدار قسم واحد عن عدد أقسام المقياس المقابلة لطول الورنية.

ولتصميم الورنية العكسية تتخذ نفس الخطوات السابق ذكرها فى الورنيات الأمامية فيما عدا بعض الإختلافات.

$$\text{(أ) فعدد أقسام الورنية العكسية} = \frac{\text{طول أصغر قسم فى المقياس}}{\text{دقة الورنية}}$$

فإذا كان عدد أقسام الورنية العكسية ٢٠ قسماً مثلاً، فإننا نأخذ ٢٠ قسماً من أصغر أقسام المقياس ونقسمها مرة أخرى إلى ١٩ قسماً (بينما فى الورنيات الأمامية نأخذ ١٩ قسماً من أصغر أقسام المقياس وتقسمها إلى ٢٠ قسماً).

(ب) لبيان القراءة على المقياس والورنية العكسية

= القراءة على المقياس + ما يقرأ على الورنية

إذ تبين القراءة التى يوضحها المقياس حتى القسم الذى يسبق صفر الورنية مباشرة فى إتجاه تدريج المقياس، ثم يضاف إليها ما يقرأ على الورنية وهو عبارة عن عدد أقسام الورنية حتى خط الإنطباق مضروباً فى دقتها (كما هى الحال فى الورنيات الأمامية).

(جـ) لتعيين خط الإنطباق على كل من الورنية العكسية والمقياس :

* بالنسبة للورنية يكون عدد الأقسام التى يحدث عندها الإنطباق

$$= \frac{\text{ما يقرأ على الورنية}}{\text{دقة الورنية}} \quad \text{(كما هى الحال فى الورنيات الأمامية)}$$

* بالنسبة للمقياس يكون القسم الذى يحدث عنده الإنطباق

= مايمكن قراءته على المقياس (عدد أقسام الورنية حتى خط الإنطباق × طول أصغر قسم من أقسام المقياس).

بينما فى الورنيات الأمامية توضع العلامة « + » بدلاً من « − ».

والمثال التالى يوضح لنا هذه الحالات :

مسطرة مقسمة إلى بوصات و $\frac{١}{٨}$ البوصة. مطلوب إنشاء ورنية عكسية لها لتزيد دقة القياس بها إلى $\frac{١}{٨}$ من البوصة مع بيان المسطرة والورنية عند القراءة ٤ $\frac{٥٣}{٦٤}$ بورصة.

(أ) لإنشاء هذه الورنية نتبع مايلى :

عدد أقسام الورنية = $\frac{١}{٨}$ ÷ $\frac{١}{٦٤}$ = ٨ أقسام

نأخذ ٩ أقسام من المقياس ، أى ١ $\frac{١}{٨}$ بوصة ، ونقسمها إلى ٨ أقسام، ويراعى عند تدريج الورنية أن يكون فى إتجاه عكس إتجاه تدريج المسطرة. والشكل رقم (٢٠) يوضح المقياس والورنية عند إنشائها.

شكل رقم (٢٠) ورنية دقتها $\frac{١}{٦٤}$ بوصة لمقياس دقته $\frac{١}{٨}$ بوصة

(ب) لبيان القراءة ٤ $\frac{٥٣}{٦٤}$ بوصة :

مايقرأ على المسطرة مباشرة = ٤ $\frac{٦}{٨}$ = ٤ $\frac{٤٨}{٦٤}$ بوصة ،

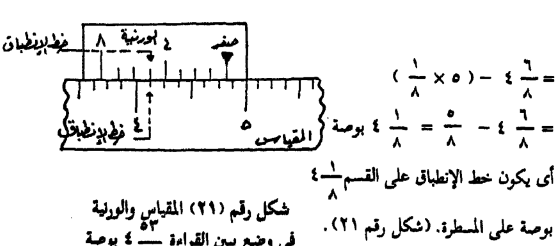
ما يقرأ على الورنية = ٤ $\frac{٥٣}{٦٤}$ − ٤ $\frac{٤٨}{٦٤}$ = $\frac{٥}{٦٤}$ بوصة

يكون خط الإنطباق على الورنية بعد القسم :

= $\frac{٥}{٦٤}$ ÷ $\frac{١}{٦٤}$ = ٥ أقسام

أى عند القسم الخامس من بداية الورنية العكسية.

ويكون الإنطباق على المقياس عند :



$$= 4\frac{6}{8} - (5 \times \frac{1}{8})$$

$$= 4\frac{6}{8} - 4\frac{5}{8} = 4\frac{1}{8}$$ بوصة

أى يكون خط الإنطباق على القسم $4\frac{1}{8}$ بوصة على المسطرة. (شكل رقم ٢١).

شكل رقم (٢١) المقياس والورنية في وضع يبين القراءة $4\frac{53}{64}$ بوصة

ولبيان هذه القراءة، نحرك الورنية على المسطرة حتى يصبح صفرها بين $4\frac{6}{8}$ ، $4\frac{7}{8}$ بوصة على المسطرة. ثم نحرك الورنية ببطء حتى ينطبق القسم الخاص منها على تدريج المقياس $4\frac{1}{8}$ بوصة.

شكل رقم (٢٢) المقياس والورنية في وضع يبين القراءة $4\frac{1}{16}$ بوصة

(جـ) لقراءة المقياس والورنية كما يظهران في الشكل رقم (٢٢).

* ما يقرأ مباشرة على المقياس = ٧ بوصات.
* ما يقرأ على الورنية = دقة الورنية × عدد الأقسام حتى خط الإنطباق

$$= \frac{1}{64} \times 4 \text{ (حيث أن الإنطباق عند القسم الرابع) } = \frac{1}{16}$$

$$\therefore \text{ القراءة الكاملة } = 7 + \frac{1}{16} = 7\frac{1}{16} \text{ بوصة}$$

٣ – الورنيات المزدوجة :

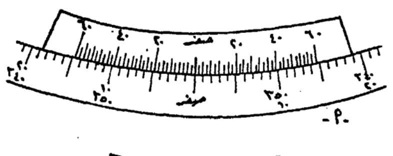
عبارة عن ورنيتين أماميتين، يشتركان في صفر البداية، بينما يتزايد تدريج كل منهما في إتجاه عكس الأخرى. وهذا النوع من الورنيات يستعمل في حالة تدريج المقياس في إتجاهين مضادين حتى تستخدم كل ورنية مع تدريج المقياس المشترك معها في الإتجاه.

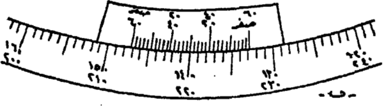
والورنيات المزدوجة نوعان :

(أ) أن تكون الورنيتان متحدتين في صفريهما، ولكن لكل منهما تقسيمها وتدريجها كما في الشكل رقم (٢٣ - أ).

(ب) أن تكون الورنيتان متحدتين في التقسيم نفسه، فيكون صفر إحداهما نهاية التدريج بالنسبة للثانية، والعكس بالنسبة للورنية الثانية. ويكون ترقيم كل منهما في إتجاه مخالف للأخرى مثل المقياس كما في الشكل رقم (٢٣ - ب).

ولا يختلف تصميم وإنشاء الورنيات المزدوجة، أو تعيين دقتها أو القراءة عليها أو تحديد قراءة معينة بها، عن الورنيات الأمامية، إذ تستخدم نفس الطرق والمعادلات السابق ذكرها للورنيات الأمامية. ذلك أن كل ورنية ومقياسها المشترك معها في الإتجاه يستعملان كأنهما ورنية ومقياس مستقلان تماماً عن الورنية والمقياس الآخر.





شكل رقم (٢٣)
ورنية مزدوجة دقتها ٢ دقيقة
المقياس دقته ١

ملاحظات على إستعمال الورنيات:

قبل إستعمال أى ورنية يجب التأكد بما يأتى :

١ - هل الورنية أمامية أو عكسية أو مزدوجة، وذلك بملاحظة عدد أقسام المقياس المقابل لعدد أقسام الورنية. وذلك بتحريك الورنية حتى ينطبق صفرها على قراءة صحيحة للمقياس المقابل لعدد أقسام الورنية. ثم يرصد عدد أقسام

المقياس والورنية. وبمقارنة أى العددين أكبر أو أقل، يمكن معرفة نوع الورنية.

٢ – ملاحظة قيمة آخر تدريج على الورنية، ويجب أن يساوى قيمة أصغر قسم فى المقياس.

٣ – حساب دقة الورنية، وذلك بقسمة طول أصغر قسم فى المقياس على عدد أقسام الورنية وذلك لمعرفة مايعينه القسم الواحد من أقسام الورنية من دقة على المقياس.

المقياس الإضافى

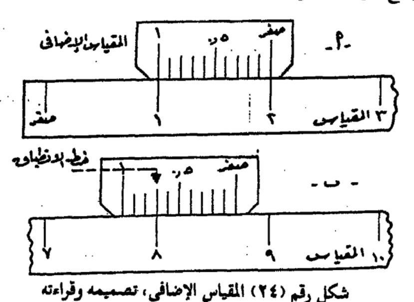
يستعمل المقياس الإضافى فى عديد من الأجهزة المساحية، لتلافى تقسيم المقياس المستخدم فيها إلى أقسام صغيرة. إذ أنه كلما زاد تقسيم المقياس إلى أجزاء أصغر، كلما أدى ذلك إلى إزدحامه وبالتالى يصبح من الصعب على الراصد تمييز الأقسام بدقة وبسرعة، مما يؤدى إلى إحتمال أخطاء فى القراءة، هذا من ناحية. ومن ناحية أخرى، إحتمال عدم تساوى بعض الأقسام الصغيرة فى بعض الأحيان. فضلاً عن أن بعض الأجهزة، قد يتعذر حفر الأقسام الصغيرة على مقياسها.

وتعتمد فكرة المقياس الإضافى، على تركيب أداة تنزلق على المقياس الأصلى وتشمل قسماً واحداً من أقسام المقياس. ويقسم هذا القسم إلى أجزاء متساوية أصغر حسب الدقة المطلوبة. ويكون تدريج المقياس الإضافى عكس تدريج المقياس الأصلى.

ففى الشكل (٢٤ – أ) مسطرة مقسمة إلى بوصات فقط، مركب عليها مقياس إضافى طوله بوصة أيضاً وقد تم تقسيمه إلى عشرة أجزاء لتصبح دقة القياس بهذه المسطرة ١ ,٠ بوصة. فعند القياس بها، يحرك المقياس الإضافى حتى ينطبق صفره على نهاية الخط المقاس. ويقرأ تدريج المقياس الإضافى المنطبق على أحد أقسام المقياس. وتصبح القراءة عبارة عن : تدريج القسم الصحيح على المقياس

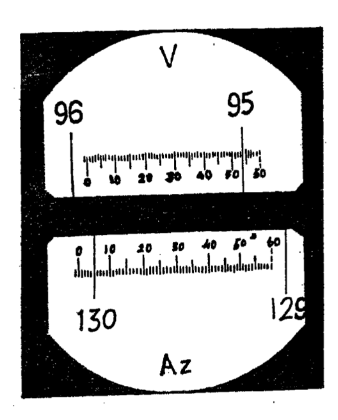
عند خط الإنطباق مضافاً إليه القراءة على خط الإنطباق فى المقياس الإضافى، والشكل رقم (٢٤ - ب) يوضح القراءة ٨,٧ بوصة.

وميزة المقياس الإضافى تتمثل فى توفير تقسيم جميع أقسام المقياس الرئيسى، لأن المقياس الإضافى قد قسم طول وحدة واحدة من المقياس الرئيسى. ويستخدم فى العادة وسيلة لتكبير المقياسين معاً (عدسة مكبرة) لتسهيل القراءة، كما هى الحال فى معظم الأجهزة المساحية الحديثة. وتجدر الإشارة إلى أن المقياس الإضافى عادة مايكون ثابتاً فى المنظار (فى معظم أنواع الأجهزة) بينما يتحرك عليه تدريج المقياس مع حركة الجهاز.



شكل رقم (٢٤) المقياس الإضافى، تصميمه وقراءته

والشكل رقم (٢٥) يبين مقياساً إضافياً كما يظهر فى منظار ثيودوليت، (ثيودوليت وايلد Wild T 16)، على تدريج القرص الرأسى (.V) وتدريج القرص الأفقى (.AZ)، ويوضح القراءة : الزاوية الرأسية ٥٤َ ، ٩٥° والزاوية الأفقية ٥ً ١٣٠° .



شكل رقم (٢٥) المقياس الإضافي لثيودوليت وايلد

أمثلة وتمارين

المثال الأول:

مسطرة تقيس إلى بوصات، مقسمة إلى أقسام كل منها = $\frac{١}{٨}$ بوصة والمطلوب تصميم ورنية لها حتى تصل دقة القياس بالمسطرة إلى $\frac{١}{٦٤}$.

طريقة الإجابة :

لمعرفة عدد أقسام الورنية يستخدم القانون

$$\text{دقة الورنية} = \frac{\text{طول أصغر قسم فى المقياس}}{\text{عدد أقسام الورنية}} \quad \text{أو} \quad و = \frac{س}{ن}$$

وفى هذا المثال دقة الورنية = $\frac{١}{٦٤}$

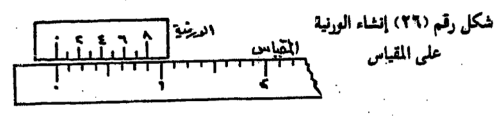
، طول أصغر قسم فى المقياس = $\frac{١}{٨}$ بوصة ، عدد أقسام الورنية = ن

$$\therefore \quad \frac{1}{64} = \frac{\frac{1}{8}}{ن}$$

$$ن = \frac{1}{8} \times \frac{64}{1} = 8 \text{ أقسام}$$

ولرسم الورنية نأخذ سبعة أقسام من المقياس $\frac{7}{8}$ بوصة ونقسمها إلى ثمانية أقسام فتكون هى الورنية المطلوبة كما فى الشكل رقم (٢٦).

شكل رقم (٢٦) إنشاء الورنية على المقياس



المثال الثانى:

صمم ورنية لمقياس مقسم إلى درجات ونصف درجات بحيث تعين إلى ٣٠ ثانية. ثم بين الورنية والمقياس فى وضع يوضح القراءة ٣٠ ″ ٣٧ ′ ٥٤° .

طريقة الإجابة :

(أ) لمعرفة عدد أقسام الورنية المطلوب إنشائها

$$و = \frac{س}{ن} \qquad ٣٠ = \frac{٣٠ \times ٦٠}{ن}$$

$\therefore$ ن = ٦٠ قسماً

ولرسم الورنية نأخذ ٥٩ قسماً من أقسام المقياس أى ٥٩ نصف درجة أى ٣٠ ′ ٢٩° ونقسمها إلى ٦٠ قسماً فنحصل على الورنية المطلوبة.

(ب) ولتعيين القراءة ٣٠ ″ ٣٧ ′ ٥٤° على المقياس والورنية.

ما يقرأ مباشرة على المقياس ٠٠ ″ ٣٠ ′ ٥٤°

ما يقرأ على الورنية = القراءة المطلوبة – ما يقرأ مباشرة على المقياس

= ٣٠ ″ ٣٧ ′ ٥٤° – ٠٠ ″ ٣٠ ′ ٥٤° = ٣٠ ″ ٠٧ ′

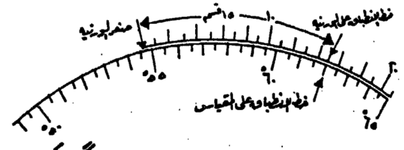
ولبيان هذا الجزء على المقياس بواسطة الورنية نقوم بتعيين خط الإنطباق.

فهو يكون على الورنية بعد : $\frac{\text{ما قرأ على الورنية}}{\text{دقة الورنية}}$

أى بعد : $\frac{07'' \ 30'}{30''}$ = ١٥ قسماً من أقسام الورنية.

وهذه الأقسام (الـ ١٥ قسماً) على الورنية تقابل ١٤ قسماً من أقسام المقياس بالإضافة إلى جزء صغير من القسم الخامس عشر وهذا الجزء بعينه صفر الورنية بعد القراءة المباشرة على المقياس، أى أن الإنطباق يكون على المقياس بعد ١٥ قسم (نصف درجة) بعد القراءة المباشرة ٣٠ َ ٥٤° (أنظر شكل ٢٧).

الإنطباق على المقياس عند : ٠٠ ً ٣٠ َ ٥٤° + ١٥ × $\frac{1°}{2}$ = ٠٠ ً ٠٠ َ ٦٢°



شكل (٢٧) المقياس والورنية يوضحان القراءة ٣٠ ً ٣٧ َ ٥٤°

(جـ) ولبيان القراءة على المقياس والورنية بالرسم :

نرسم جزءاً من المقياس المراد إنشاء الورنية له ويكفى أن يكون الجزء المحصور بين الرقم القريب الأدنى من القراءة المطلوبة (٥٠°) والرقم القريب الأعلى من خط الإنطباق على المقياس (٦٥°) . ثم نرسم فوقه قوساً آخر يمثل الورنية على أن يكون القسم الخامس عشر فيها منطبقاً على الدرجة ٦٢° على المقياس، ثم نبدأ فى تقسيم الورنية على يمين ويسار هذا الخط طبقاً لطول قسم الورنية حتى نعين خط صفر الورنية، فنجده محصوراً بين الدرجه ٣٠ َ ٥٤° الدرجة ٥٥° .

المثال الثالث:

مقياس مقسم إلى سنتيمترات وربع السنتيمتر ، يراد تصميم ورنية له تعين إلى $\frac{١}{٢٠}$ من الملليمتر (أى ٠,٠٥ من المللميتر). ثم إرسم الورنية والمقياس فى وضع يعين القراءة ١٢,٤٨٥ سنتيمتراً.

طريقة الإجابة :

(أ) عدد أقسام الورنية :

$$و = \frac{س}{ن} \qquad ٠,٠٥ = \frac{٢,٥}{ن}$$

$$\therefore ن = \frac{٢,٥}{٠,٥} = ٥٠ \text{ قسم}$$

نقسم ٤٩ قسماً من أقسام المقياس أى (٤٩ × ٢,٥ ملليمتر = ١٢,٢٥ سم) إلى ٥٠ قسماً فتكون هى الورنية المطلوبة. ويراعى دائماً أن يكون تدريج الورنية فى إتجاه تدريج المقياس.

(ب) ولتعيين القراءة المطلوبة :

ما يقرأ على المقياس مباشرة = ١٢,٢٥ سم

ما يقرأ على الورنية = ١٢,٤٨٥ − ١٢,٢٥ = ٠,٢٣٥ سم

= ٢,٣٥ م

∴ خط الإنطباق على الورنية بعد : ٢,٣٥ ÷ ٠,٠٥

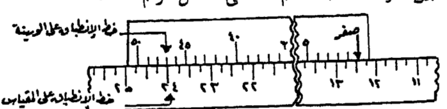
= ٤٧ قسماً من أقسامها

وخط الإنطباق على المقياس عند : ١٢,٢٥ + (٤٧ × ٠,٢٥)

= ١٢,٢٥ + ١١,٧٥ = ٢٤ سم

(جـ) ولرسم الورنية توضح هذه القراءة على المقياس نتبع نفس الخطوات السابق ذكرها فى المثال السابق، فنحصل على شكل الورنية بالنسبة للمقياس وهى

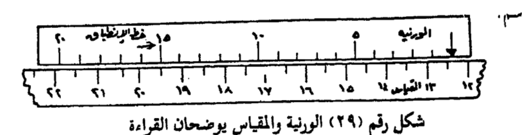
تبين القراءة ١٢,٤٨٥ سم كما فى الشكل (رقم ٢٨).



شكل رقم (٢٨) الورنية والمقياس يوضحان القراءة ١٢,٤٨٥ سم

المثال الرابع:

الشكل الآتى (رقم ٢٩) يبين ورنية ومقياس فى وضع معين، والمطلوب معرفة قراءة الورنية التى يعنيها صفرها علماً بأن أصغر قسم فى المقياس = ٠,٥ سم.



شكل رقم (٢٩) الورنية والمقياس يوضحان القراءة

طريقة الإجابة:

دقة الورنية = $\frac{٠,٥}{٢٠}$ = $\frac{١}{٤٠}$سم = ٠,٢٥ م

ما يقرأ على المقياس مباشرة : ١٢ سم

ما يقرأ على الورنية = دقة الورنية × عدد أقسام الورنية حتى خط الإنطباق.

= ٠,٢٥ × ١٥ = ٣,٧٥ م = ٠,٣٧٥ سم

القراءة كاملة = ١٢,٠٠ + ٠,٣٧٥ = ١٢,٣٧٥ سم

تمارين على الورنيات

١ - قوس مقسم إلى ثلث الدرجة، صمم له ورنية تقيس إلى ثلث دقيقة (٢٠) وارسم القوس والورنية يوضحان القراءة ٤٠ ٢٤ ٢٢° والقراءة ٢٠ ٠٧ ٣٥٧°

٢ – الشكل (رقم ٣٠) لورنية مركبة على مقياس طولى أصغر قسم فيه = ٢ متر، فما هى دقة الورنية وماهى هذه القراءة ؟

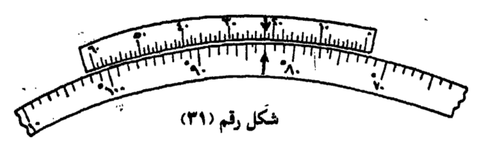
شكل رقم (٣٠)

٣ – مقياس مقسم إلى ١/١٦ من البوصة، يراد إنشاء ورنية له دقتها ١/٦٤ من البوصة، فما عدد أقسامها ؟.

٤ – إذا كان لدينا مقياس مقسم إلى ملليمترات ومركب عليه ورنية عدد أقسامها ٢٠ قسماً، وكان صفر الورنية بعد القراءة ٧,٣ سم وكان خط إنطباق الورنية عند القسم الثانى عشر، فما هى دقة الورنية وماهى القراءة الكاملة على المقياس والورنية ؟.

٥ – مقياس مقسم إلى درجات و ١/٦ الدرجة ، صمم له ورنية تقيس إلى نصف دقيقة. وإذا كانت القراءة على المقياس والورنية ٤٠° ٨′ ٣٠″ فعلى أى قسم من أقسام الورنية والمقياس يكون خط الإنطباق ؟.

٦ – الشكل الآتى (رقم ٣١) لورنية مركبة على مقياس يقيس إلى درجات، فما دقتها وما القراءة التى تبنيها ؟.



شكل رقم (٣١)

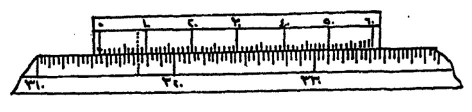
٧ – مقياس مقسم إلى نصف درجة، مركب عليه ورنية عدد أقسامها ٢٠ قسماً، فما هى دقة هذه الورنية ؟.

٨ – إذا كانت دقة الورنية لمقياس يقيس إلى ١/٤ بوصة هى ٠,٠١ من البوصة.

وكان صفر الورنية بعد القراءة $3\frac{3}{4}$ بوصة وكان خط الإنطباق عند القسم ١٤ من الورنية فما عدد أقسام الورنية وماهى القراءة الكاملة على المقياس والورنية.

٩ - إذا كان أصغر قسم فى مقياس ماهو ٥ أمتار ، وضح بالرسم وضع ورنية عليها لتبين القراءتين ٣٤٫٧ متر ، ٢٧٫٣ متر.

١٠ - الشكل الآتى (رقم ٣٢) يبين مقياساً يقرأ إلى ثلث الدرجة والمطلوب حساب دقة الورنية والقراة الكاملة التى تبينها الورنية والمقياس.



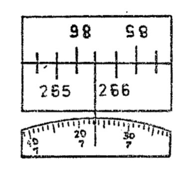
شكل رقم (٣٢)

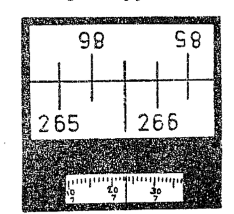
١١ - مقياس رسم ١ : ٢٠٠,٠٠٠ يقرأ إلى $\frac{1}{2}$ كيلومتر ، صمم له ورنية تقيس إلى ١٠ أمتار مع بيان وضع مقياس الرسم ومركب عليه الورنية للقراءة ٢,٣٧ كيلومتراً والقراءة ٤,٨١ كيلومتراً.

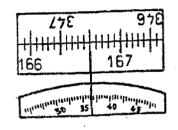
١٢ - إذا كانت القراءة على منقلة مقسمة إلى درجات ومركب عليها ورنية عدد أقسامها ٣٠ قسماً هى ٤٠َ ٢٨° فما هى الدقة الورنية وماهو خط الإنطباق على الورنية.

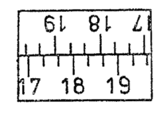
١٣ – إقرأ المقاييس الآتية :

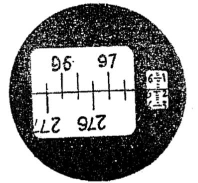


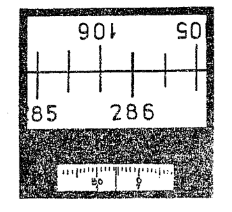


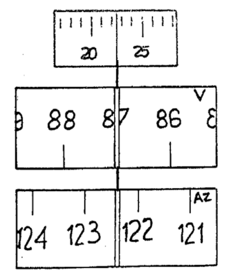


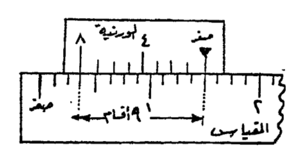


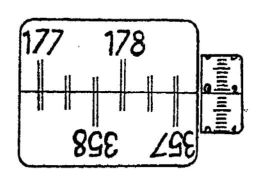









الورنية
٨
٤
صفر
صفر
٩ أقسام
١
٢
المقياس


177
178
358
357

الفصل الثالث

طرق إيجاد المساحات

من الأعمال الهامة التى يقوم بها الجغرافى، قياس المساحات على الخرائط. فقد يحتاج دارس الخريطة معرفة مساحات الوحدات الإدارية أو مساحة الرقعة التى تشغلها مدينة أو بحيرة أو مساحة الأراضى المزروعة أو المغطاة بالغابات وغيرها من الأغراض أو الظاهرات، تبعاً لطبيعة مايقوم به الجغرافى من دراسة.

وتجدر الإشارة إلى أنه ما من شك فى أن الحساب المباشر، عن طريق القياسات والأرصاد المأخوذة من الطبيعة هى أدق الطرق، وإن كانت أقل إستعمالاً لاعتمادها على مبدأ رفع الأرض (أى إجراء عمليات مساحية لها Surveying). فذلك يمنع وجود أى أخطاء فى حساب المساحات التى قد تنتج عند رسم الخريطة أو إستنتاج الأطوال من الخريطة. وعلى الرغم من ذلك فإن حساب مساحة الظاهرات المختلفة يتم فى معظم الأحيان من واقع الخرائط، ورغم ما نعلمه من أن الخريطة تمثل مسقطاً أفقياً والخطوط التى يتم قياسها هى الخطوط الأفقية وليست المائلة.

لهذا يعتمد حساب المساحات ومطابقتها على الطبيعة على عدة عوامل من أهمها:

* أن تكون الخريطة مرسومة بدقة ومن واقع عمليات مساحية ذات دقة عالية.
* أن تكون الخريطة مرسومة على أساس مسقط من مساقط المساحات المتساوية Equal Area Projections.
* دقة مقياس رسم الخريطة ووحدته فى جميع أجزاء الخريطة.
* دقة القياس على الخريطة. فمثلاً إذا كان هناك خطأ فى القياس قدره ٠,١ ملليمتراً، على خريطة مقياس رسمها ١ : ١٠٠,٠٠٠، كان معنى ذلك خطأ فى الطول الحقيقى قدره عشرة أمتار على الطبيعة.

* عدم وجود تباين كبير فى مناسيب المنطقة المطلوب حساب مسطحها، إذ أن مساحة المستوى المائل يكون أكبر من مساحته عند إسقاطه على المستوى الأفقى.

* الطريقة المتبعة فى الحساب، فمن الطرق ماهو دقيق ومنها ماهو تقريبى.

ويختلف شكل الرقعة التى تشغلها الظاهرات التى نرغب فى إيجاد مساحتها. فقد يكون المطلوب حساب مساحة بعض المبانى مثلاً وهذه يكون مسطحها غالباً ذات أشكال منتظمة هندسية كالمربع أو المستطيل أو المثلث.. أو قد يكون المطلوب معرفة مساحة ميدان أو حديقة على شكل دائرة أو معين ... إلخ من الأشكال المنتظمة الهندسية المختلفة. أو قد تكون المنطقة محددة بخطوط مستقيمة وليست ذات شكل منتظم أو ذات شكل محدد بحدود منحنية أو متعرجة. ولكل شكل من هذه الأشكال طرق معينة فى حساب مساحته. وفيما يلى دراسة لطرق إيجاد المساحة تبعاً لهذه الأشكال المختلفة.

وحدات المساحات :

الفدان = ٢٤ قيراطاً = ٤٢٠٠,٨٣ متراً مربعاً = $\frac{١٠٠٠٠}{٣}$ قصبة مربعة

القيراط = ٢٤ سهماً = ١٧٥,٠٣٤٧ متراً مربعاً

السهم = ٧,٢٩٣ أمتار مربعة

الذراع المعمارى المربع = (٧٥ × ٧٥ سم) = ٠,٥٦٢٥ متراً مربعاً

الذراع البلدى المربع = (٥٨ × ٥٨ سم) = ٠,٣٣٦٤ متراً مربعاً

القصبة المربعة = (٣,٥٥ × ٣,٥٥ متر) = ١٢,٦٠٣٥ متراً مربعاً

المتر المربع = ١٠,٧٦٤ أقدام مربعة

البوصة المربعة = ٦,٤٥٢ سم٢

أولاً : الأشكال المنتظمة (الهندسية) :

ويقصد بها تلك الظاهرات التى تشغل رقعاً من الأرض منتظمة الشكل أو ذات شكل هندسى مثل المربع أو المثلث أو المستطيل ... إلخ. ففى مثل هذه الحالات يمكن حساب مساحتها باستخدام القوانين المباشرة أو المعادلات الخاصة.

١ – مساحة المربع = طول ضلع المربع × نفسه

٢ – مساحة المستطيل = الطول × العرض

٣ – مساحة متوازى الأضلاع = القاعدة × الإرتفاع

٤ – مساحة المعين = $\frac{1}{2}$ × حاصل ضرب القطرين

المعين شكل متوازى الأضلاع، جميع أضلاعه متساوية الطول، وفيه يكون القطران متعامدان.

٥ – مساحة شبه المنحرف = نصف مجموع القاعدتين × الإرتفاع

$$= \frac{أ + ب}{2} \times ع$$

حيث أ ، ب طول كل من القاعدتين المتوازيتين ، ع الإرتفاع العمودى بينهما

٦ – مساحة المثلث :

* إذا كان المثلث قائم الزاوية = $\frac{1}{2}$ القاعدة × الإرتفاع
* إذا كان المعلوم ضلعان والزاوية بينهما = $\frac{1}{2}$ × أ × ب × حا جـ

حيث أ ، ب طولا الضلعين، حا جـ جيب الزاوية المحصورة بينهما.

* إذا كان المعلوم أطوال أضلاعه الثلاثة :

$$= \sqrt{ح(ح - أ)(ح - ب)(ح - جـ)}$$

حيث أ، ب، جـ أطوال أضلاع المثلث،ح نصف محيط المثلث = $\frac{أ + ب + جـ}{2}$

* إذا كان المثلث متساوى الأضلاع = $\frac{جـ^2}{4}\sqrt{3}$

أو = ٠,٤٣٣ $جـ^2$

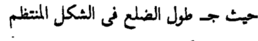
حيث جـ طول كل ضلع من أضلاع المثلث

٧ – مساحة الأشكال المنتظمة الأضلاع :

* مساحة الشكل الخماسى المنتظم = ١,٧٢ جـ^{٢}
* مساحة الشكل السداسى المنتظم = ٢,٦ جـ^{٢}
* مساحة الشكل الثمانى المنتظم = ٤,٨٣ جـ^{٢}
* مساحة أى شكل منتظم عدد أضلاعه ن = $\frac{١}{٢}$ × ن جـ^{٢} ظتا ($\frac{١٨٠^{\circ}}{٢}$)

حيث جـ طول الضلع فى الشكل المنتظم

، ن عدد أضلاع الشكل.



شكل (٣٣) الدائرة وأجزاؤها

٨ – مساحة الدائرة وأجزاؤها :

انظر شكل (٣٣)

نق : نصف قطر الدائرة.

نق١ : نصف قطر الدائرة الأصغر

ق : طول القوس

ع : طول السهم – أقصى بعد بين الوتر والقوس عمودى على الوتر.

ف : الفرق بين نصف قطرى الدائرتين

م : طول المماس .

هـ : الزاوية بالدرجات الستينية

هـ° : الزاوية بالتقدير الدائرى [١]

ط : نسبة ثابتة $\frac{٢٢}{٧}$ أو ٣,١٤١٦

---

(١) التقدير الدائرى هو النسبة بين طول القوس الذى يقابل الزاوية والمقطوع من دائرة مركزها هذه الزاوية وبين نصف القطر لهذه الدائرة أما التقسيم الستينى هو تقسيم الدائرة إلى ٣٦٠° وكل درجة مقسمة إلى ٦٠ دقيقة وكل دقيقة مقسمة إلى ٦٠ ثانية.

* مساحة الدائرة = ط نق^{2}

* مساحة القطاع (الجزء رقم ١ شكل ٣٣) = $\frac{هـ^{\circ}}{٣٦٠}$ × ط نق^{2}

أو = ٠,٠٠٨٧٢٧ × هـ° × نق

هـ° : الزاوية المحصورة بين نصفى القطر المحددين للقطاع)

* مساحة جزء من الحلقة (الجزء رقم ٢ شكل ٣٣)

= $\frac{هـ}{٢}$ (نق + نق$_{1}$) ف أو = $\frac{ق + ق_{1}}{٢}$ × ف تقريباً

* مساحة القطعة (الجزء رقم ٣ شكل ٣٣)

= $\frac{1}{2}$نق^{2} (هـ − حا هـ°) أو = $\frac{1}{2}$ ع × و تقريباً

* مساحة الجزء المحصور بين نصفى القطر والمماسين (الجزء رقم ٤ شكل ٣٣).

= نق ظا $\frac{هـ^{\circ}}{٢}$ أو = نق × م تقريباً

* مساحة الجزء بين الدائرة والمماسين (الجزء رقم ٥ شكل ٣٣).

= نق (ظا $\frac{هـ^{\circ}}{٢}$ − $\frac{هـ}{٢}$)

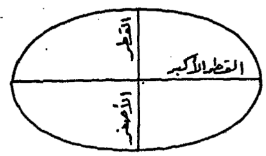
أو = نق × م − $\frac{1}{2}$ (نق × ق) تقريباً

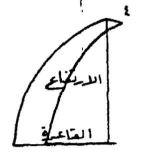
٩ − مساحة القطر المكافئ (شكل ٣٤ − أ) = $\frac{2}{3}$ القاعدة × الإرتفاع

١٠ − مساحة القطر الناقص (شكل ٣٤ − ب)

= $\frac{1}{2}$ × القطر الكبير × القطر الصغير × النسبة التقريبية

أو = $\frac{1}{4}$ × أ × ب × ط





شكل رقم (٣٤) (أ) القطع المكافئ (ب) القطع الناقص

ثانياً : مساحة الأشكال غير المنتظمة والمحددة بخطوط مستقيمة :

ويقصد بها تلك المسطحات المحددة بخطوط مستقيمة، ولكنها لاتكون منتظمة الشكل أو ذات أشكال هندسية كالتي سبق ذكرها. ويمكن حساب مساحة مثل هذه المسطحات بإحدى الطرق الآتية :

١ - التقسيم إلى مثلثات :

وذلك بتقسيم الشكل إلى مثلثات عن طريق توصيل رؤوس حدود المنطقة ببعضها (شكل ٣٥ - أ ، ب)، أو إختيار نقطة مركزية داخل منطقة ورسم أشعة منها إلى أركانها كما في شكل (٣٥ جـ). ثم إيجاد مساحة كل مثلث على حدة، إما عن طريق قياس أطوال أضلاع كل مثلث، وهي الطريقة الأفضل من ناحية الدقة رغم صعوبتها من ناحية التطبيق الرياضي، أو عن طريق إسقاط أعمدة من رأس كل مثلث على قاعدته كما في شكل (٣٥ د). وهذه الطريقة رغم سهولتها إلا أنها أقل في دقتها، لما قد يحدث من أخطاء في قياس الأعمدة أو إسقاطها بدقة. ثم نجمع مساحات هذه المثلثات وبالتالي نحصل على المساحة الكلية للشكل.

ويراعى أن يكون القياس عن طريق المقياس الخطي مباشرة، حتى تكون المساحات الناتجة بالأمتار المربعة على الطبيعة مباشرة. وكلما كان المقياس الخطي أكثر دقة، كلما كان ذلك أفضل من ناحية النتائج التي نحصل عليها.

ويفضل دائماً - إذا كان المطلوب معرفة مساحة الشكل بدقة كبيرة - أن نكرر محاولة تقسيمه إلى مثلثات بصور متعددة - كما في الشكل (٣٥). وعلى ذلك تكون المساحة الكلية للشكل عبارة عن مجموع المساحات الناتجة من كل محاولة، مقسوماً على عدد هذه المحاولات.

والشكل رقم (٣٥) يبين قطعة من الأرض، تم حساب مسطحها بالطرق السابق ذكرها فكانت نتائج الحساب كما يلي :

المحاولة الأولى : شكل ٣٥ - أ) :

المثلث رقم (١) ح = $\frac{١}{٢}$ (٤٠٠ + ٣٢٠ + ٥٤٠) = ٦٣٠ متراً

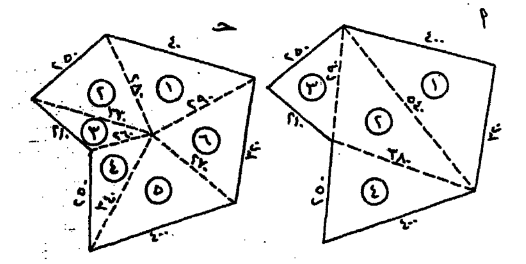
∴ مساحته = $\sqrt{٦٣٠ (٦٣٠ - ٤٠٠) (٦٣٠ - ٣٢٠) (٦٣٠ - ٥٤٠)}$

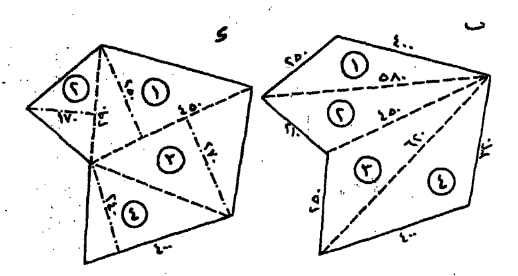
= ٦٣٥٨٢,٣٠٩ متراً مربعاً

المثلث رقم (٢) ح = $\frac{١}{٢}$ (٥٤٠ + ٢٩٠ + ٣٨٠) = ٦٠٥ أمتار

∴ مساحته = $\sqrt{٦٠٥ (٦٠٥ - ٥٤٠) (٦٠٥ - ٢٩٠) (٦٠٥ - ٣٨٠)}$

= ٥٢٧٠٣,٥٥٤ متراً مربعاً





شكل (٣٥) طريقة التقسيم إلى مثلثات

(مقياس الرسم ١/ ١٠٠٠٠ - الأطوال بالمتر حسب مقياس الرسم)

المثلث رقم (٣) $ح = \frac{1}{2}$ (٢٩٠ + ٢٥٠ + ٢١٠) = ٣٧٥ متراً

∴ مساحته = $\sqrt{\text{٣٧٥ (٣٧٥ - ٢٩٠) (٣٧٥ - ٢٥٠) (٣٧٥ - ٢١٠)}}$

= ٢٥٦٤٠,٢٣٩ متراً مربعاً

المثلث رقم (٤) $ح = \frac{1}{2}$ (٣٨٠ + ٢٥٠ + ٤٠٠) = ٥١٥ متراً

∴ مساحته = $\sqrt{\text{٥١٥ (٥١٥ - ٣٨٠) (٥١٥ - ٢٥٠) (٥١٥ - ٤٠٠)}}$

= ٤٦٠٣٠,١٤٦ متراً مربعاً.

وعلى ذلك تكـون المسـاحة الكلية للشكل = مجموع مساحة المثلثات ١ ، ٢ ، ٣ ، = ١٨٨٠٤٦,٢٤٨ متراً مربعاً

المحاولة الثانية : (شكل ٣٥ - ب) :

وذلك بإيجاد مساحة كل مثلث عن طريق معرفة أطوال أضلاعه

مساحة المثلث رقم (١)	= ٤١٠٩٩,٥٦٧	متراً مربعاً
مساحة المثلث رقم (٢)	= ٤١٥٧٥,٩٥٥	متراً مربعاً
مساحة المثلث رقم (٣)	= ٤٧٦٧٦,٤٠٩	متراً مربعاً
مساحة المثلث رقم (٤)	= ٥٦٢٦٤,٩٩٨	متراً مربعاً
∴ المساحة الكلية للشكل	= ١٨٦٦١٦,٩٢٩	متراً مربعاً

المحاولة الثالثة : (شكل ٣٥ - جـ) :

باستخدام نقطة مركزية مع حساب مساحة المثلث بمعلومية أطوال أضلاعه

مساحة المثلث رقم (١)	= ٤٠٥٩٥,١٨٩	متراً مربعاً
مساحة المثلث رقم (٢)	= ٣٤٠٧٣,٤٥٠	متراً مربعاً
مساحة المثلث رقم (٣)	= ١٣٦٤٥,٥١٢	متراً مربعاً
مساحة المثلث رقم (٤)	= ١٨٧٨١,٢٢٤	متراً مربعاً
مساحة المثلث رقم (٥)	= ٤٥٣٤٣,٦٢٦	متراً مربعاً
مساحة المثلث رقم (٦)	= ٣٦٦٩٣,٣٢٤	متراً مربعاً
∴ المساحة الكلية للشكل	= ١٨٩١٣٢,٣٢٥	متراً مربعاً

المحاولة الرابعة : (شكل ٣٥ – د) :

مساحة المثلث = $\frac{١}{٢}$ القاعدة × الإرتفاع

مساحة المثلث رقم (١)	= ٥٦٢٥٠	متراً مربعاً
مساحة المثلث رقم (٢)	= ٢٤٦٥٠	متراً مربعاً
مساحة المثلث رقم (٣)	= ٦٠٧٥٠	متراً مربعاً
مساحة المثلث رقم (٤)	= ٤٨٠٠٠	متراً مربعاً
∴ المساحة الكلية للشكل	= ١٨٩٦٥٠	متراً مربعاً

ومن هذه المحاولات الأربعة يتضح إختلاف قيمة مساحة مسطح المنطقة الناتج من كل محاولة. ويرجع ذلك أساساً إلى عملية القياس ذاتها على الخريطة تبعاً لمقياس الرسم، وما ينتج عنه من تقريب للأطوال المقاسة مهما كان القياس دقيقاً. وهذا يؤكد ضرورة إجراء أكثر من محاولة فى القياس والحساب ثم حساب المتوسط، وكلما زادت عدد المحاولات كلما كان المتوسط الناتج أكثر دقة.

وفى المثال السابق يكون متوسط مساحة المنطقة :

المساحة الناتجة من المحاولة الأولى	= ١٨٨٠٤٦,٢٤٨	متراً مربعاً
المساحة الناتجة من المحاولة الثانية	= ١٨٦٦١٦,٩٢٩	متراً مربعاً
المساحة الناتجة من المحاولة الثالثة	= ١٨٩١٣٢,٣٢٥	متراً مربعاً
المساحة الناتجة من المحاولة الرابعة	= ١٦٩٦٥٠,٠٠٠	متراً مربعاً
المجموع	= ٧٥٣٤٤٥,٥٠٢	متراً مربعاً

وبقسمة هذا المجموع على ٤ (عدد المحاولات)

∴ متوسط مساحة المنطقة = ١٨٨٣٦١,٣٨ متراً مربعاً

ولتحويل هذه المساحة إلى أفدنة وأجزائها [١] ، نجرى مايلى :

(١) راجع وحدات المساحة ص ٦٤ من هذا الكتاب.

(أ) تقسم هذه المساحة على ٤٢٠٠,٨٣ متر مربع، حتى نحصل على رقم صحيح للأفدنة.

(ب) مايتبقى من القسمة السابقة، يقسم على ١٧٥,٠٣٤٧ متر مربع حتى نحصل على رقم صحيح للقراريط.

(جـ) ومايتبقى من القسمة الثانية، يقسم على ٧,٢٩٣ متر مربع فنحصل على الأسهم وكسورها.

أى أن :

عدد الأفدنة = ١٨٨٣٦١,٣٨ ÷ ٤٢٠٠,٨٣ = ٤٤ فداناً

ويتبقى ٣٥٢٤,٨٦ متراً مربعاً.

، عدد القراريط = ٣٥٢٤,٨٦ ÷ ١٧٥,٠٣٤٧ = ٢٠ قيراطاً

ويتبقى ٢٤,١٦٦ متراً مربعاً.

، عدد الأسهم = ٢٤,١٦٩ ÷ ٧,٢٩٣ = ٣,٣ أسهم

	س	ط	ف
فتكون مساحة المنطقة =	٣,٣	٢٠	٤٤

٢ - التقسيم إلى أشباه منحرفات :

وذلك برسم خط - يسمى خط القاعدة - بين أبعد ركنين من أركان المنطقة المراد إيجاد مساحتها. ثم إسقاط أعمدة من باقى الأركان على خط القاعدة، وبالتالى يتم تقسيم المنطقة إلى مثلثات وأشباه منحرفات كما فى الشكل رقم (٣٦ - أ). ومن ثم يمكن إيجاد مساحة كل مثلث أو شبه منحرف على حدة. وتكون المساحة الكلية للمنطقة عبارة عن مجموع مساحات هذه المثلثات وأشباه المنحرفات.

وقد يرسم خط القاعدة خارج الشكل، ثم تسقط أعمدة من أركان المنطقة على خط القاعدة كما فى الشكل رقم (٣٦ - ب). ثم تحسب مساحة المضلع الأكبر الذى يكون خط القاعدة أحد أضلاعه، كذلك تحسب مساحة المضلع

الأصغر (وفيه أيضاً يكون خط القاعدة أحد أضلاعه). وعلى ذلك تكون مساحة المنطقة عبارة عن الفرق بين مساحتي المضلع الأكبر والمضلع الأصغر.

وفيما يلي حساب مساحة المنطقة المبينة بالشكل رقم (٣٦) بالطريقتين السابق ذكرهما.

(أ) خط القاعدة داخل الشكل :

تم رسم الخط أ هـ كخط قاعدة (شكل ٣٦ – أ)، ويلاحظ أن مجموع أطوال أضلاع الأشكال ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ الواقعة على خط القاعدة، تساوى مجموع أطوال أضلاع الأشكال ٥ ، ٦ ، ٧ ، ٨ الواقعة على خط القاعدة.

أى أن : ١٢٥ + ١٢٥ + ١٢٥ + ١٢٥ = ٥٠٠ متر

، ٢٠٠ + ١١٥ + ١٣٥ + ٥٠ = ٥٠٠ متر

مساحة المثلث (١) = $\frac{١}{٢}$ × ١٢٥ × ١١٠ = ٦٨٧٥,٠ متراً مربعاً

مساحة شبه المنحرف (٢) = $\frac{١}{٢}$ (١١٠ + ٧٥) × ١٢٥ = ١١٥٦٢,٥ متراً مربعاً

مساحة شبه المنحرف (٣) = $\frac{١}{٢}$ (٧٥+١٢٥) × ١٢٥ = ١٢٥٠٠,٠ متراً مربعاً

مساحة المثلث رقم (٤) = $\frac{١}{٢}$ × ١٢٥ × ١٢٥ = ٧٨١٢,٥ متراً مربعاً

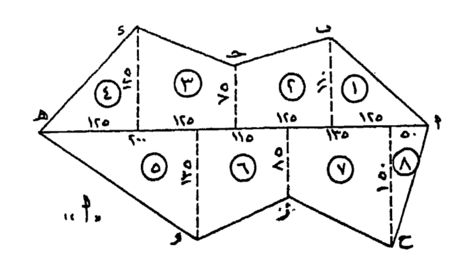
مساحة المثلث رقم (٥) = $\frac{١}{٢}$ × ٢٠٠ × ١٣٥ = ١٣٥٠٠,٠ متراً مربعاً

مساحة شبه المنحرف (٦) = $\frac{١}{٢}$ (١٣٥ + ٨٥) × ١١٥ = ١٢٦٥٠,٠ متراً مربعاً

مساحة شبه المنحرف (٧) = $\frac{١}{٢}$ (٨٥ + ١٥٠) × ١٣٥ = ١٥٨٦٢,٥ متراً مربعاً

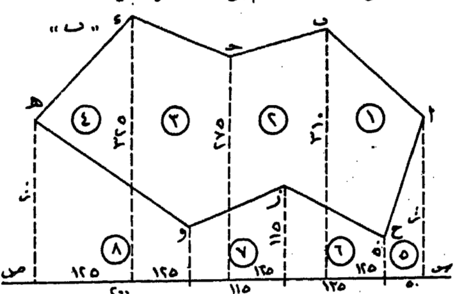
مساحة المثلث (٨) = $\frac{١}{٢}$ × ٥٠ × ١٥٠ = ٣٧٥٠,٠ متراً مربعاً

∴ المساحة الكلية للمنطقة = ٨٤٥١٢,٥ متراً مربعاً



مقياس الرسم ١ : ٥٠٠٠ – الأبعاد بالمتر

شكل (٣٦ – أ) التقسيم إلى أشباه منحرفات ومثلثات



شكل (٣٦ – ب) التقسيم إلى أشباه منحرفات ومثلثات

(ب) خط القاعدة خارج الشكل : (شكل ٣٦ – ب)

وذلك برسم محور مثل س ص خارج المنطقة المطلوب إيجاد مساحتها وإسقاط أعمدة من أركان المنطقة على خط القاعدة ثم نأتى بمساحة الشكل المحدد بالنقط س أ ب جـ د هـ ص وهو عبارة عن مجموع مساحات أشباه المنحرفات أرقام ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ويمثل المضلع الخارجى المحصور بين الحدود الخارجية للمنطقة والمحور س ص . ثم نحسب مساحة المضلع الداخلى المحصور

بين النقط س أ ح ز و هـ ص ويمثله مجموع مساحات أشباه المنحرفات أرقام ٥ ، ٦ ، ٧ ، ٨ . فتكون مساحة المنطقة = الفرق بين مساحتى المضلع الخارجى والمضلع الداخلى.

مساحة المضلع الخارجى :

شبه المنحرف (١) = $\frac{٢٠٠ + ٣١٠}{٢}$ × ١٢٥ = ٣١٨٧٥,٠ متراً مربعاً

شبه المنحرف (٢) = $\frac{٣١٠ + ٢٧٥}{٢}$ × ١٢٥ = ٣٦٥٦٢,٥ متراً مربعاً

شبه المنحرف (٢) = $\frac{٢٧٥ + ٣٢٥}{٢}$ × ١٢٥ = ٣٧٥٠٠,٠ متراً مربعاً

شبه المنحرف (٢) = $\frac{٣٢٥ + ٢٠٠}{٢}$ × ١٢٥ = ٣٢٨١٢,٥ متراً مربعاً

المجموع = ١٣٨٧٥٠ متراً مربعاً

مساحة المضلع الداخلى

شبه المنحرف (٥) = $\frac{٢٠٠ + ٥٠}{٢}$ × ٥٠ = ٦٢٥٠,٠ متراً مربعاً

شبه المنحرف (٦) = $\frac{٥٠ + ١١٥}{٢}$ × ١٣٥ = ١١١٣٧,٥ متراً مربعاً

شبه المنحرف (٧) = $\frac{١١٥ + ٦٥}{٢}$ × ١١٥ = ١٠٣٥٠,٠ متراً مربعاً

شبه المنحرف (٨) = $\frac{٦٥ + ٢٠٠}{٢}$ × ٢٠٠ = ٢٦٥٠٠,٠ متراً مربعاً

المجموع = ٥٤٢٣٧,٥ متراً مربعاً

∴ مساحة المنطقة = ١٣٨٧٥٠ − ٥٤٢٣٧,٥ = ٨٤٥١٢,٥ متراً مربعاً

وهى نفس النتيجة السابق الحصول عليها فى الحالة الأولى.

ثالثاً : مساحة الأشكال غير المنتظمة والمحددة بمنحنيات :

يمكن حساب مساحة هذا النوع من الأشكال بواسطة عدة طرق مختلفة وطريقة العمل فيها واحدة وتتلخص فى رسم خط فى الإتجاه الطولى للشكل

كمحور يقطع حدية، هذا إذا لم يكن فى الشكل حد مستقيم فى إتجاهه الطولى. ثم يقسم هذا المحور إلى أقسام متساوية ثم إقامة أعمدة على هذا المحور لتصل بين أطراف الشكل. وكلما صغرت المسافة بين الأعمدة أو بمعنى آخر كلما كثر عدد الأجزاء المقسم إليها المحور، كلما كانت النتيجة أكثر دقة. ثم تحسب مساحة هذا النوع من الأشكال باتباع إحدى الطرق التالية:

١ – طريقة الإرتفاع المتوسط :

وهى أقل دقة فى نتائجها، وتستعمل فى العمليات السريعة التقريبية فتحسب المساحة على أساس متوسط طول الأعمدة (جمع أطوال الأعمدة وقسمتها على عددها) مضروباً فى طول المحور (ويساوى عدد الأقسام × طول كل قسم).

وبفرض أن :

ن = عدد أقسام المحور، س = طول القسم الواحد من أقسام المحور.

، $ع_1$ = طول العمود الأول ، $ع_2$ = طول العمود الثانى.

، $ع_{ن+1}$ = طول العمود الأخير ، ن + ١ = عدد الأعمدة.

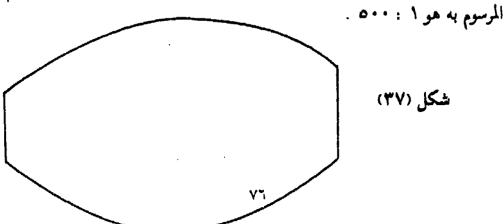
(ذلك لأن عدد الأعمدة يزيد دائماً بواحد على عدد الأقسام).

، $ع_ن$ = طول العمود قبل الأخير.

فتكون مساحة الشكل = $ن \times س \times \frac{ع_1 + ع_2 + ع_3 + \cdots + ع_{ن+1}}{ن + 1}$

مثال :

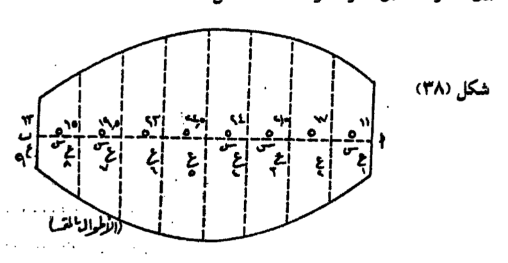
أوجد مساحة الشكل الآتى (رقم ٣٧) على الطبيعة، علماً بأن مقياس الرسم المرسوم به هو ١ : ٥٠٠ .



شكل (٣٧)

طريقة الإجابة :

نبدأ أولاً : برسم المحور أ ب ونقسمه إلى عدة من الأقسام المتساوية وإقامة أعمدة على هذا المحور من نقط التقسيم ثم قياس أطوال الأعمدة ويستحسن أن يكون القياس حسب مقياس الرسم مباشرة حتى يمكن إيجاد المساحة مباشرة على الطبيعة بالمتر المربع. ويكتب على كل عمود طوله كما فى الشكل رقم (٣٨). وبتطبيق القانون السابق ذكره تكون مساحة الشكل.



شكل (٣٨)

$$= 8 \times 5 \times \frac{11 + 17 + 21.5 + 24 + 24.5 + 23 + 19.5 + 15 + 13}{9}$$

$$= 8 \times 5 \times \frac{168.5}{9} = 748.9$$ متراً مربعاً

٢ - طريقة أشباه المنحرفات :

ويفضل إستعمال هذه الطريقة إذا كانت حدود الشكل بين الأعمدة قريبة من الخطوط المستقيمة فتعطي فى هذه الحالة نتائج جيدة. أما إذا كانت الحدود منحنية بعيداً عن المحور فتعطى نتائج أقل من الحقيقة، وإذا كانت الحدود مقعرة ناحية المحور فإن المساحات الناتجة تكون أزيد من الحقيقة. وتحسب المساحة على أساس أن كل قسم عبارة عن شبه منحرف قاعدتيه هما العمودين وإرتفاعه هو عرض الأقسام المشتراك.

فتكون مساحة القسم الأول = ($ع_{١}$ + $ع_{٢}$)

وتكون مساحة القسم الثانى = ($ع_{٢}$ + $ع_{٣}$) وهكذا ...

ومساحة القسم الأخير = ($ع_{ن}$ + $ع_{ن+١}$)

وبجمع مساحات جميع الأقسام ينتج لنا القانون الآتى :

مساحة الشكل = $\frac{س}{٢}$ (العمود الأول + العمود الأخير + ضعف مجموع باقى الأعمدة)

= $\frac{س}{٢}$ { ($ع_{١}$ + $ع_{ن+١}$) + ٢ ($ع_{٢}$ + $ع_{٣}$ + ... + $ع_{ن}$) }

أى أن مساحة الشكل فى المثال السابق :

= [١١ + ١٣ + ٢ (١٧ + ٢١,٥ + ٢٤ + ٢٤,٥ + ٢٣ + ١٩,٥ + ١٥)]

= ٢,٥ [٢٤ + ٢ (× ١٤٤,٥)] = ٨٧٢,٥ متراً مربعاً

٣ – طريقة قانون سمبسون :

وهى أدق الطرق على الإطلاق إذا كانت حدود الشكل عبارة عن منحنيات، وتزيد دقتها عن الطريقة الأولى (طريقة الإرتفاع المتوسط) إذا زاد إنحناء الحدود الخارجية للشكل بين كل عمودين متتالين. وفى هذه الطريقة تحسب المساحة على أساس أن حدود الشكل بين كل ثلاثة أعمدة متتالية عبارة عن قطع مكافئ وقد اشتق القانون على هذا الأساس :

مساحة الشكل = $\frac{\text{طول القسم المشترك}}{٣}$ (العمود الأول + العمود الأخير + ضعف مجموع الأعمدة الفردية + أربعة أضعاف مجموع الأعمدة الزوجية)

= $\frac{٥}{٣}$ [$ع_{١}$ + $ع_{ن+١}$ + ٢ ($ع_{٣}$ + $ع_{٥}$ + $ع_{٧}$) + ٤ ($ع_{٢}$ + $ع_{٤}$ + $ع_{٦}$ ..)]

فتكون مساحة الشكل فى المثال السابق حسب قانون سمبسون.

= $\frac{٥}{٣}$ [١١ + ١٣ + ٢ (٢١,٥ + ٢٤,٥ + ١٩,٥) + ٤ (١٧ + ٢٤ + ٢٣ + ١٥)]

= $\frac{٥}{٣}$ [٢٤ + ١٣١ + ٣١٦] = ٧٨٥ متراً مربعاً

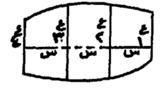
ويراعى عند تطبيق هذا القانون الشروط الآتية :

* أن يكون عدد الأقسام زوجياً وبالتالى يكون عدد الأعمدة فردياً. فإذا كان عدد أقسام الشكل فردياً يؤخذ القسم المتطرف وتحسب مساحته على حدة ويطبق القانون على باقى الأقسام الزوجية ثم تجمع المساحات.
* عند ترتيب الأعمدة لمعرفة الأعمدة الفردية والزوجية، تبدأ بالعمود الأول فيعتبر فردياً، يليه العمود الثانى الذى يعتبر زوجياً وهكذا فى باقى الأعمدة حتى العمود الأخير. وإذا كان المنحنى الذى يمثل حدود الشكل يبدأ من بداية المحور فيعتبر طول العمود الأول صفر، كذلك إذا كان المنحنى ينتهى مع نهاية المحور فيعتبر العمود الأخير ويكون طوله صفراً.
* عند جمع الأعمدة الفردية فى القانون لايؤخذ العمودين الأول والأخير فى الإعتبار.

حالة خاصة لقانون سمبسون :

إذا كان عدد أقسام الشكل ثلاثة فقط كما فى الشكل رقم (٣٩) فلا يحذف قسم كما سبق الذكر فى الشروط الواجب توافرها عند تطبيق القانون وإنما يستعمل القانون الآتى :

$$\text{المساحة} = \frac{3\,\text{س}}{8}\left(\text{ع}_1 + 3\,\text{ع}_2 + 3\,\text{ع}_3 + \text{ع}_4\right)$$



شكل رقم (٣٩)

٤ - طريقة قانون دوراند :

وهو فى دقة قانون سمبسون تقريباً.

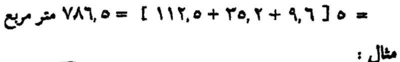
$$\text{المساحة} = \text{س}\left[0.4\left(\text{ع}_1 + \text{ع}_{\text{ن}+1}\right) + 1.1\left(\text{ع}_2 + \text{ع}_{\text{ن}}\right) + \text{ع}_3 + \text{ع}_4 + \text{ع}_5 + \cdots \text{ع}_{\text{ن}-1}\right]$$

حيث ٠,٤ ، ١,١ معامل ثابت

وتكون مساحة الشكل تبعاً لهذا القانون :

= ٥ [٠,٤ (١١ + ١٣) + ١,١ (١٧ + ١٥) + ٢١,٥ + ٢٤

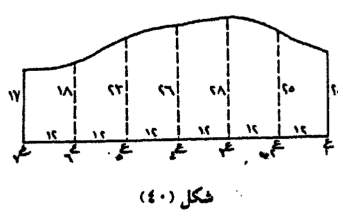
+ ٢٤,٥ + ٢٣ + ١٩,٥]



= ٥ [٩,٦ + ٣٥,٢ + ١١٢,٥] = ٧٨٦,٥ متر مربع

مثال :

المطلوب إيجاد مساحة الشكل الآتي رقم (٤٠) بكل من الطرق الأربعة السابق ذكرها، علماً بأن الأطوال المكتوبة على الأعمدة والمحور بالمتر.



شكل (٤٠)

طريقة الإجابة :

١ – بطريقة الإرتفاع المتوسط :

$$\text{المساحة} = ن \times س \times \frac{ع_{1} + ع_{2} + ع_{3} + \cdots ع_{ن-1}}{ن + 1}$$

$$= ٦ \times ١٢ \times \frac{٢٠ + ٢٥ + ٢٨ + ٢٦ + ٢٣ + ١٨ + ١٧}{٧}$$

= ١٦١٤,٥٧ متراً مربعاً

٢ – بطريقة أشباه المنحرفات :

$$\text{المساحة} = \frac{س}{٢} \left[ع_{1} + ع_{ن+1} + ٢ \left(ع_{2} + ع_{3} + ع_{4} + \cdots ع_{ن} \right) \right]$$

$$= \frac{١٢}{٢} \left[٢٠ + ١٧ + ٢ \left(٢٥ + ٢٨ + ٢٦ + ٢٣ + ١٨ \right) \right]$$

= ١٦٦٢ متراً مربعاً

٣ – بطريقة قانون سمبسون :

$$\text{المساحة} = \frac{س}{٣} [ع_١ + ع_{ن+١} + ٢ (ع_٣ + ع_٥ \cdots) + ٤ (ع_٢ + ع_٤ + ع_٦ \cdots)]$$

$$= \frac{١٢}{٣} [٢٠ + ١٧ + ٢ (٢٨ + ٢٣) + ٤ (٢٥ + ٢٦ + ١٨)]$$

= ١٦٦٠ متراً مربعاً

٤ – بطريقة قانون دوراند :

$$\text{المساحة} = س [٠,٤ (ع_١ + ع_{ن+١}) + ١,١ (ع_٢ + ع_ن) + ع_٣$$

$$+ ع_٤ + ع_٥ + \cdots ع_{ن-١}]$$

$$= ١٢ [٠,٤ (٢٠ + ١٧) + ١,١ (٢٥ + ١٨) + ٢٨ + ٢٦ + ٢٣]$$

= ١٦٦٩,٢ متراً مربعاً

رابعاً : مساحة الأشكال ذات الحدود المتعرجة:

نجد فى بعض الأحيان أن حدود الشكل المراد معرفة مساحته كثيرة التعاريج بحيث لايمكن إعتبارها خطوطاً منحنية. وقد يتعذر عمل مضلع مناسب لو تتبعنا إتجاهات الحدود. وفى هذه الحالة تستخدم إحدى الطرق الآتية لإيجاد مساحة الأشكال المتعرجة غير المنتظمة. وهذه الطرق تتفاوت فى دقتها نظراً لأنها تعتمد إلى حد كبير على التقدير الشخصى فى بعض الحالات.

١ – طريقة الحذف والإضافة :

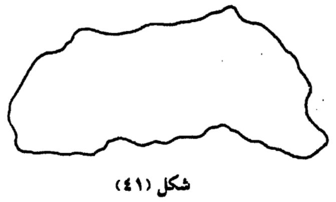
وهى طريقة تقريبية وتقل دقتها كلما كثرت التعاريج، وإذا كان العمل دقيقاً فى إضافة وحذف المساحات فإنها تعطى نتائج لا بأس بها.

وتتلخص هذه الطريقة فى تحويل الشكل ذى الحدود المتعرجة إلى شكل آخر

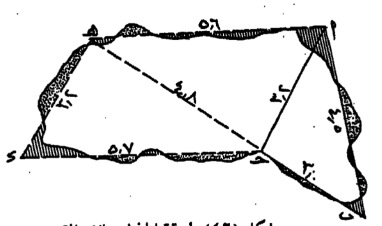
مكافئ له فى المساحة عن طريق رسم خطوط مستقيمة بطريقة تضيف إلى الشكل مساحات تكافئ المساحات التى تفصلها عنه كما فى الشكل رقم (٤٢) فتتحول بذلك حدود الشكل إلى حدود مستقيمة مما يسهل إيجاد مساحته بإحدى الطرق السابق ذكرها كتقسيمها إلى مثلثات وأشباه منحرفات حسبما يتفق وشكل الأرض المراد إيجاد مساحتها. ويراعى عند رسم الخطوط المستقيمة أن تكون أقرب ما يمكن لحدود الشكل الأصلى.

مثال :

الشكل رقم (٤١) عبارة عن حدود بحيرة تظهر فى خريطة مقياس رسمها ١ : ٢٥٠ والمطلوب معرفة مساحتها.



شكل (٤١)



شكل (٤٢) طريقة الحذف والإضافة

مساحة المثلث أ ب جـ

$$ح = \frac{٣,٢ + ٣ + ٤,٥}{٢} = ٥,٣٥ \text{ سم}$$

$$\therefore \text{ مساحته} = \sqrt{ح\,(ح - أ)\,(ح - ب)\,(ح - جـ)}$$

$$= \sqrt{٥,٣٥\ (٥,٣٥ - ٤,٥)\ (٥,٣٥ - ٣,٢)\ (٥,٣٥ - ٣)}$$

$$= \sqrt{٥,٣٥ \times ٠,٨٥ \times ٢,١٥ \times ٢,٣٥}$$

$$= \sqrt{٢٢,٩٧٦} = ٤,٧٩ \text{ سم}^{٢}$$

ومساحة المثلث جـ هـ د : $ح = \frac{٤,٨ + ٣,٢ + ٥,٧}{٢} = ٦,٨٥$ سم

$$= \sqrt{٦,٨٥\ (٦,٨٥ - ٤,٨)\ (٦,٨٥ - ٣,٢)\ (٦,٨٥ - ٥,٧)}$$

$$= \sqrt{٥٨,٩٤٣٤} = ٧,٦٧ \text{ سم}^{٢}$$

ومساحة المثلث أ جـ هـ : $ح = \frac{٣,٢ + ٤,٨ + ٥,٦}{٢} = ٦,٨$ سم

∴ مساحته $= \sqrt{٦,٨\ (٦,٨ - ٣,٢)\ (٦,٨ - ٤,٨)\ (٦,٨ - ٥,٦)}$

$$= \sqrt{٥٨,٧٥٢} = ٧,٦٦ \text{ سم}^{٢}$$

فتكون مساحة الشكل الكلية

$$= ٤,٧٩ + ٧,٦٧ + ٧,٦٦ = ٢٠,١٧ \text{ سم}^{٢}$$

ومساحته على الطبيعة = مساحة الشكل على الخريطة × $\left[\frac{١}{\text{مقياس الرسم}} \right]^{٢}$

$$= ٢٠,١٧ \times \left[\frac{١}{\frac{١}{٢٥٠}} \right]^{٢}$$

$$= ٢٠,١٧ \times ٢٥٠ \times ٢٥٠ = ١٢٥٧٥٠٠ \text{ سم}^{٢}$$

= ١٢٥,٧٥ متر مربع.

٢ - طريقة المربعات :

وهى طريقة تقريبية أيضاً وإن كانت أدق من الطريقة السابقة، وكلما صغر طول ضلع المربع فى الشبكة، كلما كانت المساحة الناتجة أقرب للحقيقة.

وتتمثل هذه الطريقة فى إنشاء شبكة من المربعات على ورقة شفاف أو

على نفس الخريطة، وتُعد المربعات الصحيحة المحصورة داخل حدود القطعة ثم تُقدر مساحة الأجزاء الباقية بالنسبة لمساحة المربع ثم تضاف إلى المربعات الصحيحة.

فتكون مساحة الشكل الكلية = عدد المربعات × مساحة المربع الواحد.

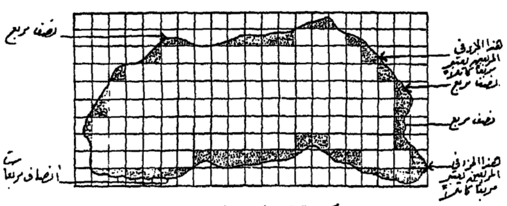
وفى هذا المثال تم إختيار طول ضلع المربع أربعة ملليمترات [حتى إذا كان المطلوب مساحة الشكل على الطبيعة فيكون هذا الطول يساوى متراً واحداً على الطبيعة حسب مقياس الرسم] كما فى الشكل رقم (٤٣).

عدد المربعات الصحيحة = ١٠٧ مربع

مجموع المربعات المكسورة = ٢١ مربع كامل

ويقصد بالمربعات المكسورة باقى أجزاء الشكل الخارجة عن إطار المربعات الصحيحة وهى المناطق المظللة فى الشكل (رقم ٤٣).

مجموع المربعات الكاملة = ١٠٧ + ٢١ = ١٢٨ مربع



شكل (٤٣) طريقة المربعات

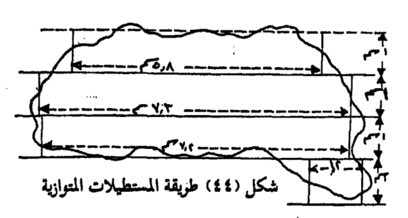
مساحة الشكل = ١٢٨ × ٤ × ٤ = ٢٠٤٨ م^{2} = ٢٠,٤٨٠ سم

ومساحته على الطبيعة = ٢٠,٤٨ × ٢٥٠ × ٢٥٠

= ١٢٨٠٠٠٠ سم^{2} = ١٢٨ متر^{2}

٣ - طريقة الخطوط المتوازية :

وهى أدق من الطريقتين السابقتين وتزداد دقتها كلما تقاربت الخطوط المتوازية وكلما كانت أطراف الشكل أقل تعرجاً. ولإيجاد مساحة أى شكل متعرج الحدود بهذه الطريقة، يغطى الشكل بمجموعة من الخطوط المتوازية التى تمتد قاطعة حدوده، مع مراعاة أن تكون المسافات بين هذه الخطوط المتوازية ثابتة ومتساوية. ثم يحول كل قسم من الشكل محصور بين خطين متوازيين إلى مستطيل مكافئ له فى المساحة عن طريق رسم إرتفاعين عموديين على الخطوط المتوازية بحيث يراعى عند رسمهما أنهما يحذفان أجزاء من هذا القسم بقدر الأجزاء التى يضيفانها إليه كما فى الشكل رقم (٤٤).



شكل (٤٤) طريقة المستطيلات المتوازية

ولإيجاد مساحة الشكل تجمع أطوال المستطيلات كلها ثم تضرب × المسافة المتساوية بين كل خطين متوازيين :

طول المستطيل الأول ٥,٨ سم
طول المستطيل الثانى ٧,٣ سم
طول المستطيل الثالث ٧,٢ سم
طول المستطيل الرابع ١,٢ سم
طول المستطيل الأول ٥,٨ سم
إرتفاع كل مستطيل ١ سم

∴ مساحة الشكل = (٥,٨ + ٧,٣ + ٧,٢ + ١,٢) = ٢١,٥ سم^2

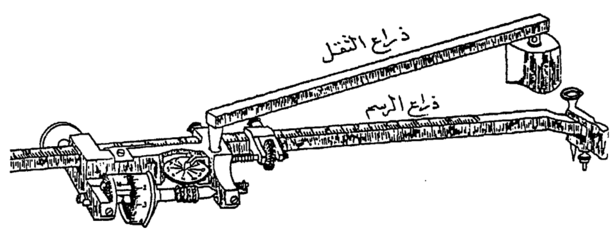
ومساحته على الطبيعة = ٢١,٥ × $\frac{٢٥٠ \times ٢٥٠}{١٠٠ \times ١٠٠}$ = ١٣٤,٤٧٥ متراً مربعاً

الطرق الآلية لإيجاد المساحات

أولاً : البلانيمتر العادى:

ويستخدم فى إيجاد مساحة الأشكال المحددة بخطوط متعرجة مباشرة ويتركب من الأجزاء الآتية شكل رقم (٤٥).

١ - ذراع التخطيط أو ذراع الرسم Tracar bar ، مقسم إلى أجزاء رئيسية متساوية كل منها مقسم إلى أجزاء أخرى فرعية (فى معظم أنواع البلانيمترات ١٠ أقسام وفى البعض الآخر ٢٠ قسماً)، وفى نهاية الذراع سن صلب يسمى الراسم (أ) بجواره مسمار أملس القاعدة (ب) يرتكز على الورق ويمكن بواسطته رفع سن الراسم قليلاً عن سطح الورقة فلا تتلفها أثناء الإستعمال ومركب به أيضاً مقبض (جـ) حر الحركة حتى يمكن تحريك سن الراسم فوق الشكل بكل سهولة.

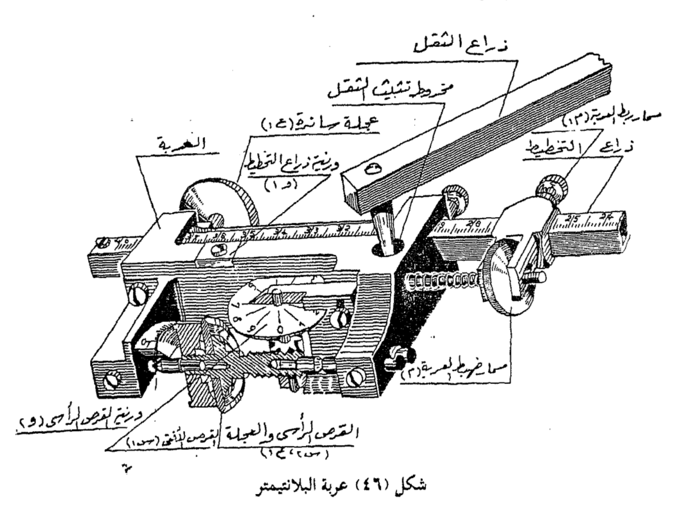


شكل (٤٥) البلانيمتر

٢ - العربة Carraige ، وتنزلق على ذراع التخطيط وتثبت به أولياً بواسطة المسمار ($م_1$) ونهائياً بالمسمارين ($م_2$ ، $م_3$). أما المسمار المحورى (م) فيستعمل لتحريك باقى جسم العربة على ذراع التخطيط حركة بطيئة حتى يتم ضبط الورنية ($و_1$) - المثبتة فى العربة أمام ذراع التخطيط - على الرقم المطلوب على ذراع التخطيط، ($ع_1$) عجلة عمودية على العجلة (ع) المثبتة فى القرص الرأسى ووظيفتهما رفع جسم الجهاز عن اللوحة بالإضافة إلى أن حركة العجلة (ع) تساعد فى إيجاد مساحة الشكل.

وبالعربة قرص أفقى ($س_1$) مقسم إلى عشرة أقسام وآخر رأسى ($س_2$) مثبت بالعجلة (ع) مقسم إلى عشرة أقسام رئيسية كل منها مقسم إلى عشرة أقسام أصغر، ومثبت أمامه ورنية ($و_2$) دقتها $\frac{1}{10}$ من أصغر قسم فى القرص الرأسى والشكل رقم (٤٦) يوضح جسم العربة والأجزاء السابق ذكرها.

٣ – ذراع الثقل Weight bar ، وينتهى أحد طرفيه بمخروط (ط) يدخل الثقب المخصص له فى العربة ويوجد فى طرفه الآخر ثقل (ق) مثبت فى منتصف أسفله إبرة صلب لتثبيت الثقل على اللوحة بينما تتحرك باقى أجزاء البلانيمتر حول هذا المركز.



شكل (٤٦) عربة البلانيمتر

٤ – جدول مثبت بعلبة الجهاز مكون من أربعة أقسام كما هو موضح فى الجدول الآتى لأحد أنواع البلانيمترات.

نوع الجهاز Reiss رقم الجهاز 8607

Scale مقياس الرسم	Setting of Tracing Arm الطول على ذراع التخطيط	One unit represents معامل الوحدة البلانيمترية (ماتساويه الوحدة)		Constant ثابت الجهاز
		Actual على الخريطة	to scale على الطبيعة	
1 : 1	100	$10\ mm^2$	$10\ mm^2$	
1 : 500	80.15	$8\ mm^2$	$2\ m^2$	2303
1 : 2000	50.40	$5\ mm^2$	$20\ m^2$	
1 : 5000	40.45	$4\ mm^2$	$100\ m^2$	

والقسم الأول من هذا الجدول خاص بمقياس الرسم ومدون به بعض المقاييس الشائعة الإستعمال، والقسم الذى يليه خاص بطول ذراع التخطيط المقابل لكل مقياس من هذه المقاييس. أما القسم الثالث فجزء منه يبين قيمة الوحدة البلانيمترية بالمتر المربع على الطبيعة مباشرة طبقاً لمقياس الرسم المستعمل، والجزء الثانى يبين قيمة هذه الوحدة البلانيمترية بالملليمتر المربع على الخريطة (أو بالسنتيمتر المربع فى بعض الأجهزة). أما القسم الرابع فمبين فيه الثابت البلانيمترى فيما لو استخدم الجهاز والثقل خارج الشكل.

إستعمال الجهاز :

١ – يضبط صفر الورنية (و) على ذراع التخطيط طبقاً لما هو مبين فى الخانة الثانية من الجدول أمام مقياس الرسم المستعمل (مقياس رسم الخريطة).

٢ – يوضع الجهاز بحيث يكون سن الراسم في وسط الشكل تقريباً وبحيث يكون ذراع التخطيط عمودياً تقريباً على ذراع الثقل ويكون الثقل خارج الشكل مع مراعاة أنه يمكن المرور بسن الراسم حول الشكل بكل سهولة.

٣ – يوضع سن الراسم عند نقطة البداية ثم تقرأ القراءة الأولى على القرص الأفقى الذى يقرأ آلاف الوحدات والقرص الرأسى المثبت بالعجلة وتبين عليه الأقسام الكبرى مئات الوحدات وكل منها مقسم إلى أجزاء أصغر تقرأ إلى عشرات الوحدات، أما الورنية المثبتة أمام القرص الرأسى فتعين أرقام الآحاد.

٤ – يمرر سن الراسم حول حدود الشكل من نقطة البداية وفى إتجاه عقرب الساعة حتى ينتهى إليها ثانية. ثم تقرأ القراءة الثانية فيكون الفرق بين القراءتين (الثانية – الأولى) هى المساحة البلانيمترية.

٥ – تكرر هذه العملية مرة أخرى ويؤخذ متوسط المساحة البلانيمترية حتى يكون العمل أكثر دقة وكلما تكررت هذه العملية كلما زادت الدقة.

٦ – تضرب المساحة البلانيمترية فى المعامل الخاص بها فى الخانة الثالثة من الجدول فتنتج مساحة الشكل إما بالأمتار المربعة أو بالمليمترات المربعة حسب المطلوب.

وإذا كان الشكل المطلوب إيجاد مساحته كبيراً فيمكن تقسيمه إلى عدة أجزاء وإيجاد مساحة كل جزء على حدة، وذلك حتى يمكن تلافى إستخدام طريقة أخرى للعمل بالبلانيمتر، وفيها يوضع الثقل داخل الشكل، نظراً لأنها أقل دقة وعرضة للخطأ. وفى حالة إستعمال هذه الطريقة (الثقل داخل الشكل) يجرى الآتى:

١ – بعد تثبيت الثقل فى مكان متوسط داخل الشكل وبعد ضبط صفر الورنية على ذراع التخطيط طبقاً لمقياس الرسم ووضع سن الراسم عند نقطة البداية على حافة الشكل تؤخذ القراءة الأولى.

٢ - يحرك سن الراسم على حافة الشكل وفى إتجاه عقرب الساعة ويلاحظ ما إذا كانت قراءة الأقراص تتزايد أو تتناقص، حتى يصل سن الراسم إلى نقطة البداية.

فتكون مساحة الشكل :

أ - فى حالة تزايد القراءة = [العدد الثابت + (القراءة الثانية - الأولى)] × المعامل

ب - فى حالة تناقص القراءة = [العدد الثابت - (القراءة الأولى - الثانية)] × المعامل

فمثلاً عند إيجاد مساحة قطعة أرض بالبلانيمتر (والثقل داخلها) كانت القراءة الأولى ١٥٦٧ والثانية ٦٩٦٢، فإذا كان معامل الوحدة البلانيمترية ٠,٨م^{٢} والعدد الثابت ٢١٣٠٠ فما مساحة هذه الأرض؟

طريقة الإجابة:

نلاحظ أن القراءة متزايدة، وبتطبيق القانون (أ) السابق ذكره

تكون مساحة الشكل = [٢١٣٠٠ + (٦٩٦٣ - ١٥٦٧)] × ٠,٨

= ٢١٣٥٦,٨ متراً مربعاً

مثال آخر :

عند إيجاد مساحة شكل ما بالبلانيمتر كانت قراءته الأولى صفر والثانية ٧٣٢٥ ، فإذا كان الثقل داخل الشكل والقراءة متناقصة، فما مساحته ؟ .. علماً بأن الثابت ١٨٤٠٠ والمعامل ٠,٨ م^{٢} .

طريقة الإجابة:

بما أن القراءة متناقصة فيستخدم القانون الثانى (ب) مع إعتبار أن القراءة الأولى = ١٠٠٠٠ لأنها تناقصت إلى ٧٣٢٥ .

مساحة الشكل = [١٨٤٠٠ - (١٠٠٠٠ - ٧٣٢٥)] × ٠,٨

= ١٢٥٨٠ م^{٢} = ١٢٥,٨ سم^{٢}

وفى بعض الأحيان قد يكون مقياس رسم الخريطة ليس مذكوراً ضمن مقاييس الرسم الموجودة بجدول البلانيمتر. وفى هذه الحالة نختار مقياساً من المقاييس الموجودة فى الجدول مقارباً لمقياس رسم الخريطة ونأتى بمساحة الشكل بفرض أنه مرسوم بهذا المقياس المستعمل بالبلانيمتر.

وتكون مساحة الشكل الحقيقية :

$$= \text{مساحته بالمقياس المستعمل} \times \left[\frac{\text{المقياس المستعمل}}{\text{المقياس الحقيقى}} \right]^{٢}$$

فمثلاً إذا كان مقياس رسم الخريطة المرسوم عليها حدود قطعة أرض هو ١ : ٣٠٠٠. ولما كان هذا المقياس غير موجود بجدول البلانيمتر، فقد استخدم مقياس ١ : ٥٠٠٠ وكان الثقل خارج حدود قطعة الأرض. وكانت القراءة الأولى ٢٣١٥ والثانية ٤٦٣٣ فما مساحتها بالأفدنة إذا كان معامل هذا المقياس ٠,٤ م^{٢}.

طريقة الإجابة:

فى هذه الحالة نأتى أولاً بمساحة الشكل بفرض أن الخريطة مرسومة بالمقياس الذى إستعملناه بالبلانيمتر (١ : ٥٠٠٠) فتكون مساحته طبقاً للمقياس المستعمل:

$$= (٤٦٣٣ - ٢٣١٥) \times ٠,٤ = ٩٣٧,٢ \text{ متر}^{٢}$$

$$\text{وتكون المساحة الحقيقية} = ٩٢٧,٢ \times \left[\frac{\frac{١}{٥٠٠٠}}{\frac{١}{٣٠٠٠}} \right]^{٢}$$

$$= ٩٢٧,٢ \times \left[\frac{٣٠٠٠}{٥٠٠٠} \right]^{٢} = ٣٣٣,٧٩٢ \text{ متر}^{٢}$$

وتكون مساحته بالأفدنة كالآتى :

* مساحة هذه الأرض أقل من فدان [الفدان ٤٢٠٠,٨٣ متر^٢]

* تقسم المساحة الحقيقية على ١٧٥,٠٣٥ متر^٢ (= ١ قيراط) بحيث يكون الناتج رقماً صحيحاً ويؤخذ الباقى ليقسم على ٧,٣ متر^٢ (= ١ سهم) كالآتى:

٣٣٣,٧٩٢ ÷ ١٧٥,٠٣٥ = ١ قيراط ويتبقى ١٥٨,٧٥٧ متر^٢

، ١٥٨,٧٥٧ ÷ ٧,٣ = ٢١,٧٤٨ سهم

	س	ط	ف
أى أن مساحة هذه القطعة =	٢١,٧٥	٠١	٠٠

ثانياً : البلانيمترات الرقمية :

مع تقدم التقنية فى الآلات الحديثة، ظهرت فى الآونة الأخيرة أنواع حديثة من البلانيمترات تحتوى على أنظمة ألكترونية تتيح لها القيام بالعمليات الرياضية بسرعة وإعطاء النتيجة على شاشة رقمية. وهى نوعان.

١ - البلانيمتر ذو القطب :

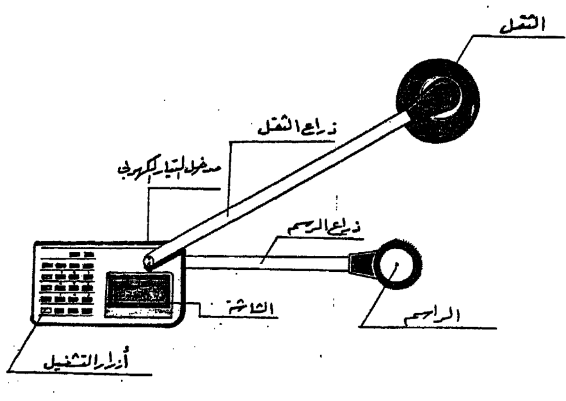
ويشبه البلانيمتر العادى (الذى سبق دراسته) من حيث الأجزاء والتركيب وطريقة العمل ويتركب من الأجزاء التالية شكل رقم (٤٧) :

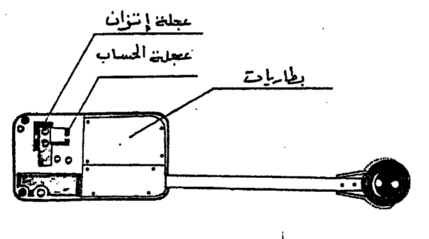
١ - ذراع الرسم Tracer arm وينتهى طرفه بعدسة فى مركزها نقطة للمرور بها على حدود الشكل Tracing magnifier ومثبت فى طرفه الآخر العربة وهى ثابتة (بعكس البلانيمتر العادى حيث تنزلق العربة على ذراع التخطيط).

٢ - العربة وبأسفلها عجلة Integrating Wheel تساعد فى إيجاد مساحة الشكل وفى جانب العربة مدخل للتيار الكهربى Plug لشحن بطاريات التشغيل وفى السطح العلوى للعربة شاشة رقمية Display وفتحة لوضع طرف ذراع الثقل بالإضافة إلى « أزرار » التشغيل.

٣ - ذراع الثقل Pole arm وينتهى أحدطرفيه بمخروط يدخل فى الثقب المخصص له فى العربة وينتهى طرفه الآخر بثقل يمثل القطب الذى يتحرك حوله البلانيمتر.

٤ - جدول موضح به مقاييس الرسم ومعامل الوحدة البلانيمترية.



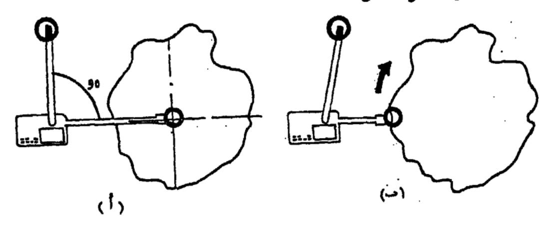


شكل (٤٧) البلانيمتر الرقمى ذو القطب (السطح العلوى والسفلى)

ولاتختلف خطوات العمل بهذا الجهاز عن البلانيمتر العادى التى سبق شرحه فيمكن إيجاد المساحة عن طريق وضع الثقل خارج الشكل أو وضعه داخل الشكل. وفى الحالة الأولى يجب وضع الجهاز على شكل زاوية قائمة وسن الراسم فى مركز الشكل. ثم المرور بالسن على حدود الشكل فى إتجاه عقرب الساعة،

شكل رقم (٤٨ أ ، ب). أما أوجه الإختلاف فتتمثل فيما يلى :

* ثبات العربة فى ذراع التخطيط.
* ظهور القراءات على الشاشة الرقمية (بدلاً من قراءة الأقراص والورنيات).
* بالجهاز ذاكرة Memory لتخزين القراءات وجمعها ثم قسمتها على عدد المحاولات كما سنوضح فيما بعد.
* يتميز هذا النوع باتساع المنطقة التى يمكن إيجاد مساحتها، إذ يصل قطرها إلى ٣٠ سم عندما يكون الثقل خارج الشكل و ٨٠ سم عندما يكون داخل الشكل.



شكل (٤٨ (أ) ضبط البلانيمتر فى وسط الشكل

(ب) إتجاه حركة سن الراسم عند العمل

٢ - البلانيمتر حر الحركة :

وهو أحدث من النوع السابق ذكره. ويتميز عنه بأن الجهاز كتلة واحدة ويمكن إيجاد أى مساحة مهما كبرت رقعتها على الخريطة. ويتركب الجهاز من: انظر شكل رقم (٤٩).

١ - القضيب Ruller عبارة عن محور معدنى بطرفيه بكرتان إتجاه حركتهما متوازيان تماماً. وفى منتصفه كتلة مثلثية تنتهى بمفصل مثبت بالعربة.

٢ - العربة وتشبه فى شكلها العام العربة التى سبق وصفها فى البلانيمتر ذو القطب كما أن بها نفس أزرار التشغيل وهى :

ON زر إدخال التيار الكهربى.

OFF زر فصل التيار الكهربى

CIAC زر المسح بضغطه مرة واحدة فإنه يمحو الأرقام الموجودة على الشاشة الرقمية وبضغطه مرتين تمحى الذاكرة.

START زر بدء التشغيل للقياس وعند الضغط عليه تصبح القراءة على الشاشة صفراً ويصبح الجهاز معداً للعمل فى القياس.

HOLD زر تثبيت القراءة. عند الضغط عليه (بعد نهاية العمل) تثبت القراءة على الشاشة ولا تتغير حتى لو تحرك الجهاز.

MEMO زر الذاكرة : بالضغط عليه بعد إنتهاء العمل تخزن القراءة الموجودة على الشاشة فى الذاكرة.

AVER زر المتوسط عند الضغط عليه فإنه يحسب متوسط القراءات حسب عدد المحاولات التى أجريت.

٣ - ذراع الرسم وهو ثابت فى الطرف الأمامى للعربة.

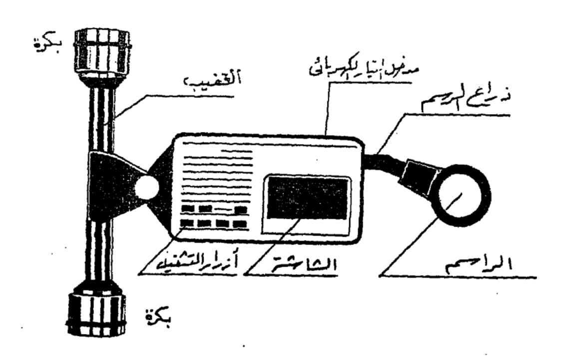
٤ - جدول موضح به مقاييس الرسم ومعامل الوحدة البلانيمترية كما يلى لأحد أنواع البلانيمترات.

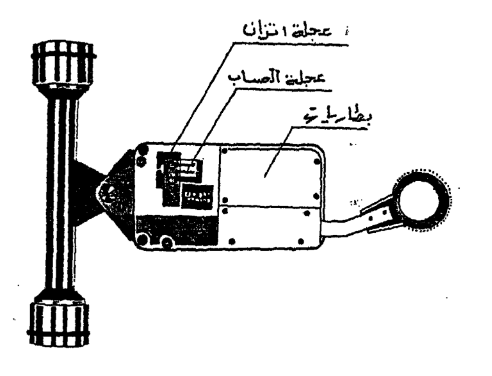
نوع الجهاز Placom KP-82 (بلانيمتر ذو القطب)

و Placom KP-92 (بلانيمتر حر الحركة)

In Matric System. النظام المترى (الفرنسى)

مقياس الرسم Reduced scale	معامل الوحدة البلانيمترية Unit-area constant	مقياس الرسم Reduced scale	معامل الوحدة البلانيمترية Unit-area constant
1 : 1	0.1 Cm^2	1 : 1000	10 m^2
1 : 100	0.1 m^2	1 : 2500	62.5 m^2
1 : 200	0.4 m^2	1 : 5000	250 m^2
1 : 250	0.625 m^2	1 : 10000	1000 m^2
1 : 300	0.9 m^2	1 : 25000	6250 m^2
1 : 500	2.5 m^2	1 : 50000	0.025 Km^2
1 : 600	3.6 m^2		





شكل (٤٩) البلانيمتر حر الحركة (من أعلى ومن أسفل)

In English System. النظام الإنجليزى

مقياس الرسم Reduced scale	معامل الوحدة البلانيمترية Unit-area constant	مقياس الرسم Reduced scale	معامل الوحدة البلانيمترية Unit-area constant
1 in : 1 in (1 : 1)	0.02 in^2	1 in : 20 yd (1 : 720)	8 yd^2
1 in : 1 ft (1 : 12)	0.2 ft^2	1 in : 25 yd (1 : 900)	12.5 yd^2
1 in : 10 ft (1 : 120)	2 ft^2	1 in : 30 yd (1 : 1080)	18 yd^2
1 in : 20 ft (1 : 240)	8 ft^2	1 in : 40 yd (1 : 1440)	32 yd^2
1 in : 25 ft (1:300)	12.5 ft^2	1 in : 50 yd (1800)	50 yd^2
1 in : 40 ft (1:480)	32 ft^2	1 in : 80 yd (1 : 2880)	128 yd^2
1 in : 50 ft (1:600)	50 ft^2	1 in : 100 yd (1 : 3600)	200 yd^2
1 in : 80 ft (1:960)	128 ft^2	1 in : 1/4 mile (1 : 15840)	0.8 acre
1 in :100 ft (1:1200)	200 ft^2	1 in : 1/2 mile (1 : 31680)	3.2 acre
1 in : 1 yd (1 : 36)	0.02 yd^2	1 in : 3/4 mile (1 : 47520)	7.2 acre
1 in : 10 yd (1 : 360)	2 yd^2	1 in : 1 mile (1 : 63360)	12.8 acre

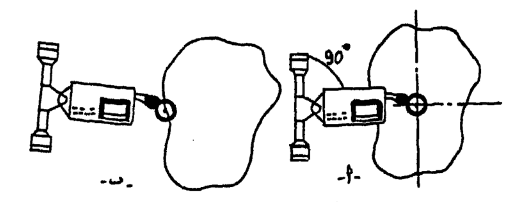
إستعمال الجهاز :

(أ) لإيجاد مساحة شكل بتكرار المحاولة عدة مرات :

١ – يوضع الجهاز بحيث يكون مركز العدسة فى وسط الشكل تقريباً وبحيث يكون القضيب عمودياً على العربة شكل رقم (٥٠ – أ).

٢ – نضغط على زر إدخال التيار الكهربى، يظهر على الشاشة رقم صفر (0).

٣ – نحرك العدسة حتى يصبح مركزها عند نقطة البداية شكل رقم (٥٠–ب) ثم نضغط على زر التشغيل فيظهر على الشاشة رقم صفر (0) ثم نتتبع حدود الشكل المراد إيجاد مساحته فى إتجاه عقرب الساعة حتى تنتهى إلى نقطة البداية، نقرأ القراءة المدونة على الشاشة.



شكل (٥٠) (أ) ضبط البلانيمتر فى وسط الشـــكل
(ب) إتجاه حركة سن الراسم عند القياس

٤ – نضغط على زر الذاكرة لتخزينها وتصبح القراءة على الشاشة صفراً مرة أخرى.

٥ – نقوم بالمحاولة الثانية مباشرة حتى ننتهى إلى نقطة البداية فتظهر قراءة جديدة على الشاشة (قد تكون أقل أو أكبر من القراءة السابقة) ثم نضغط على زر الذاكرة فتخزن هذه القراءة.

٦ – نكرر هذه المحاولات حسب الرغبة والدقة المطلوبة والتى يمكن إجراؤها عشر مرات.

٧ – فى حالة ما إذا كانت إحدى المحاولات خاطئة بدليل أن الرقم الناتج أكبر أو أقل بكثير من الأرقام السابق قراءتها فيمكن الضغط على زر المحو مرة واحدة فتمحى هذه المحاولة فقط، أما إذا تكرر الضغط فإن القراءات المخزونة بالذاكرة تمحى كذلك.

٨ – فى النهاية ولإيجاد المتوسط يضغط على زر المتوسط فيعطينا متوسط القراءات بالنسبة لعدد المحاولات.

٩ – تضرب المساحة البلانيمترية الناتجة فى المعامل الخاص بها حسب مقياس رسم الخريطة فنحصل على المساحة بالأمتار المربعة.

ونوضح فيما يلى مثالاً لطريقة القياس فى خمس محاولات.

Operation	Display	Remarks
START	0	
First measurement	MEMO 451	First result
MEMO	MEMO 0	
Second measurement	MEMO 539	Second result
MEMO	MEMO 0	
Third measurement	MEMO 538	Third result
MEMO	MEMO 0	
Fourth measurment	MEMO 540	Fourth result
MEMO	MEMO 0	
Fifth measurment	MEMO 542	Fifth result
MEMO	MEMO 0	
AVER	MEMO 540	Mean value of 5 times measurements

(ب) في حالة إيجاد مساحة عدة أشكال منفصلة :

١ – نضع الجهاز على الشكل الأول (الخطوات ١ ، ٢ ، ٣ السابق ذكرها).

٢ – نضغط على زر التثبيت فتثبت القراءة الناتجة بالنسبة للشكل الأول.

٣ – نحرك العدسة إلى الشكل الثانى حتى تصبح مركز العدسة عند العلامة المحددة لبدء القياس ثم نضغط على زر التثبيت (ضغطة واحدة فقط) ونحرك العدسة على حدود الشكل فنلاحظ تزايد القراءة حتى تنتهى إلى نقطة البداية فنضغط على زر التثبيت (ضغطة واحدة).

٤ – ننتقل إلى الشكل الثالث ونتبع ما أجريناه فى الشكل الثانى. فنلاحظ تزايد القراءة وبذلك نحصل على مساحة الأشكال الثلاثة.

وفيما يلى مثال يوضح قياس مساحة ثلاثة أشكال.

Operation	Display	Remarks
START	0	
Measurement of first drawing	145	
HOLD	HOLD 145	Hold
Movement to the next drawing	HOLD 145	Hold state
HOLD	145	Hold release
Measurement of the second drawing	223	145 + 78
HOLD	HOLD 223	Hold
Movement to the next drawing	HOLD 223	Hold state
HOLD	223	Hold release
Measurement of the third drawing	427	145 + 78 + 204
HOLD	HOLD 427	Hold (answer)

ثالثاً : مسطرة التفدين :

وهى عبارة عن مسطرة من الخشب طولها حوالى ٦٠ سم مقسمة من اليسار إلى اليمين وفى وسطها مجراة تنزلق فيها مسطرة معدنية قطاعها كقطاع لمجرى تماماً وتستعمل كورنية بحيث يكون صفرها منطبقاً على صفر المسطرة عندما تكون الورنية فى نهاية مجراها جهة اليسار. ومثبت بمسطرة الورنية إطار معدنى بارز عن حافة المسطرة ومثبت وسط هذا الإطار شعرة من الصلب رفيعة عمودية على حافة المسطرة ومثبتة عند صفر الورنية. (انظر شكل ٥١).

شكل (٥١) مسطرة التفدين مقياسى ١ / ٢٥٠٠ ، ١/١٠٠٠ (مصغرة)

ومساطر التفدين الشائعة فى مصر بمقياسى ١ / ٢٥٠٠ ، ١ / ١٠٠٠ ، نظراً لأن معظم الخرائط المساحية التفصيلية فى مصر مرسومة بهما.

ولاستعمال هذه المساطر يلزم أن تثبت ورقة شفاف أو سيلوليد فوق الشكل المراد معرفة مساحته، ومقسمة بخطوط مستقيمة متوازية ومتباعدة عن بعضها بمسافات ثابتة متساوية طبقاً لطريقة تقسيم المسطرة.

وتدرج حافة مسطرة التفدين الخاصة بمقياس ١ / ٢٥٠٠ على أساس مستطيل إرتفاعه ثمانية ملليمترات أى ٢٠ متراً على الطبيعة ومساحته فداناً واحداً أو ٤٢٠٠,٨٣ متراً مربعاً.

فيكون طول هذا المستطيل = ٤٢٠٠,٨٣ ÷ ٢٠ = ٢١٠,٠٤ متراً على الطبيعة

وهذا الطول يقابله على المسطرة تبعاً لهذا المقياس طولاً قدره ٨٤,٠٢ م .

فيقسم هذا الطول إلى ٢٤ قسماً ليكون كل منها يساوى قيراطاً وتستعمل الورنية لتعيين الأسهم ودقتها سهمان.

ويتم تدريج حافة المسطرة الخاصة بمقياس ١ / ١٠٠٠ على أساس مستطيل إرتفاعه ثمانية ملليمترات أى ثمانية أمتار على الطبيعة ومساحته فداناً واحداً.

فيكون طول هذا المستطيل = ٤٢٠٠,٨٣ ÷ ٨ = ٥٢٥,١٠٤ متراً

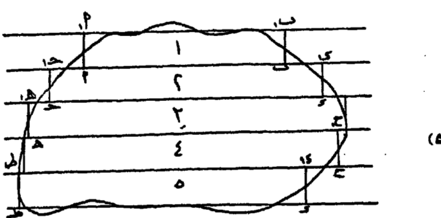
وطوله على المسطرة ٥٢٥,١٠٤ ملليمتراً تبعاً لهذا المقياس. ويقسم هذا الطول إلى ٢٤ قسماً فيكون طول كل قسم قيراطاً واحداً. ويؤخذ قسم من هذه الأقسام ويرسم في الجهنة الأخرى من الورنية بحيث ينطبق أوله على صفر الورنية الخاصة بمقياس ١ / ٢٥٠٠ ، ثم يقسم إلى ١٢ قسماً فيكون طول كل قسم سهمان.

وكقاعدة عامة يمكن عمل أى مسطرة وحساب طول الفدان على المسطرة إذا علم مقياس الرسم والمسافة بين الخطوط المتوازية على لوحة السيلوليد. كما يمكن عمل مساطر تقيس إلى كيلومترات مربعة أو أميال مربعة بنفس الطريقة.

طريقة إستعمال مسطرة التفدين :

١ – إذا كان المطلوب إيجاد مساحة شكل مرسوم بمقياس ١ / ٢٥٠٠ ، نقوم برسم خطوط متوازية على هذا الشكل، البعد بين كل منها ٨ ملليمترات. نحول كل قسم محصور بين كل خطين متوازيين إلى مستطيل مكافئ له في المساحة بطريقة الحذف والإضافة كما في شكل رقم (٥٢).

٢ – نأتى بمسطرة التفدين مقياس ١ / ٢٥٠٠ بحيث يكون صفر الورنية منطبقاً على صفر المسطرة وتوضع حافة المسطرة موازية تماماً لطول المستطيل الأول (أ ب) مع مراعاة أن تكون الشعرة بإطار المسطرة منطبقة على إرتفاع المستطيل الأيسر (على الخط أ أ١)، ثم نحرك الإطار مع ثبات المسطرة حتى تنطبق الشعرة على إرتفاع المستطيل الأيمن (ب ب١) فتكون القراءة التى تعينها الورنية على تدريج المسطرة هى مساحة هذا المستطيل.



(شكل ٥٢)

٣ - ترفع المسطرة مع ثبات الشعرة عند القراءة التي تعين مساحة المستطيل الأول، ثم توضع موازية لطول المستطيل الثاني (جـ د) مع مراعاة إنطباق الشعرة على الإرتفاع الأيسر لهذا المستطيل (جـ جـ١) ثم نحرك الإطار حتى تنطبق الشعرة على الإرتفاع الأيمن (د د١) فتكون القراءة الناتجة هي مساحة المستطيلين الأول والثاني.

٤ - نرفع المسطرة مع ثبات الشعرة على القراءة الجديدة، ثم ننتقل إلى المستطيل الثالث ونقوم بنفس العمل، فنطبق الشعرة على الإرتفاع الأيسر (هـ هـ١) ونحركها تجاه اليمين حتى تنطبق على الإرتفاع (و و١) فتتنج لنا مساحة المستطيلات الثلاثة بالفدان وكسوره.

٥ - وباستمرار العمل في باقي المستطيلات بنفس الطريقة السابقة نحصل على مساحة الشكل بالفدان وكسوره مباشرة.

وفي بعض الأحيان لايكفي طول المسطرة لإيجاد مساحة الشكل كله مرة واحدة، وفي هذه الحالة يمكن تقسيم الشكل إلى قسمين أو أكثر وإيجاد مساحة كل قسم على حدة، ثم تجمع مساحات هذه الأقسام فنحصل على مساحة الشكل الكلية.

وفي حالة عدم وجود مسطرة تفدين من نفس المقياس المرسوم به الخريطة أو الشكل فيمكن إستعمال أحد المقاييس الموجودة وتحسب المساحة الحقيقية للشكل كالآتي :

المساحة الحقيقية =

$$\text{المساحة الناتجة بالمسطرة المستعملة} \times \left[\frac{\text{مقياس المسطرة المستعملة}}{\text{المقياس الحقيقى}}\right]^{٢}$$

مثال :

صمم مسطرة تفدين بمقياس ١ / ٣٠٠٠ تقرأ قيراطاً واحداً وورنية دقتها سهمان، إذا كان عرض كل قسم على لوحة السيلوليد ١٠ م وبيّن المسطرة والورنية توضحان المساحة ١٨ س ١١ ط ١ ف

طريقة الإجابة :

عرض المستطيل فى الطبيعة = ١٠ × ٣٠٠٠ = ٣٠٠٠٠ م = ٣٠ متر

∴ طول المستطيل الذى عرضه ٣٠ متراً ومساحته ٤٢٠٠,٨٣ متراً مربعاً (فدان) = ٤٢٠٠,٨٣ ÷ ٣٠ = ١٤٠,٠٢٨ متراً.

وهذا الطول يساوى على مسطرة التفدين طبقاً لمقياس الرسم :

$$= ١٤٠,٠٢٨ \times \frac{١}{٣٠٠٠} = ٤٦,٧ \text{ م.}$$

تأخذ خطاً طوله ٤٦,٧ م (أى فدان) ويمكن مضاعفته للضعف مثلاً أى ٩٣,٤ م فيساوى ٢ فدان. ونقوم بتقسيم كل فدان إلى ٢٤ قسماً متساوياً فيكون طول كل قسم قيراطاً واحداً.

ولتصميم الورنية : دقة الورنية = $\frac{س}{ن}$

∴ ن = ٢٤ ÷ ٢ = ١٢ قسم

فنأخذ ١١ قيراطاً ونقسمها إلى ١٢ قسماً فتتكون الورنية المطلوبة.

ولبيان القراءة ٢٨ س ١١ ط ١ ف

القراءة المباشرة على مسطرة التفدين ٠٠ س ١١ ط ١ ف

القراءة المطلوبة على الورنية ١٨

أى أن خط الإنطباق على الورنية بعد = ١٨ ÷ ٢ = ٩ أقسام

وخط الإنطباق على مسطرة التفدين عند : ١١ س ١ ط + ٩ ف

= ٢٠ ط ١ ف

ويكون وضع الورنية والمسطرة كما فى الشكل الآتى رقم (٥٣).

شكل (٥٣)

مثال آخر :

مسطرة تفدين مقياسها مجهول، قيست بها مساحة قطعة أرض مرسومة بمقياس ١ : ٤٠٠٠ فكانت ١٠ س ١٤ ط ٨ ف. فإذا كان طول الفدان على هذه المسطرة ١٦,٨ م والمسافة بين الخطوط المتوازية على لوحة السيلوليد ١٠ م، فما مقياس هذه المسطرة وما مقدار المساحة الحقيقية لقطعة الأرض (إعتبر الفدان = ٤٢٠٠ متر^{٢}).

طريقة الإجابة :

(أ) إيجاد مقياس مسطرة التفدين :

مساحة المستطيل بمقياس رسم المسطرة = ١٦,٨ × ١٠ = ١٦٨ م^{٢}

وهذه المساحة تقابلها على الطبيعة مساحة فدان أو ٤٢٠٠ متر^{٢}

أى أن ١٦٨ م^{٢} = ٤٢٠٠ متر^{٢} = ٤٢٠٠٠٠٠٠٠٠ م^{٢}

١ م^{٢} = ٢٥٠٠٠٠٠٠ م^{٢} وبإيجاد جذر النسبتين ١ م = ٥٠٠٠ م

أى أن مقياس رسم هذه المسطرة ١ : ٥٠٠٠

(ب) ولإيجاد المساحة الحقيقية لقطعة الأرض :

المساحة الحقيقية =

$$\text{المساحة الناتجة بالمسطرة المستعملة} \times \left[\frac{\text{مقياس المسطرة المستعملة}}{\text{المقياس الحقيقى}}\right]^{٢}$$

$$= \overset{\text{س}}{١٠} \quad \overset{\text{ط}}{١٤} \quad \overset{\text{ف}}{٨} \times \left(\frac{٤٠٠٠}{٥٠٠٠}\right)^{٢}$$

وبتحويل الأفدنة والقراريط إلى أسهم تصبح مساحة المنطقة ٤٩٥٤ سهماً.

$$٤٩٥٤ \times \frac{١٦}{٢٥} = ٣١٧٠,٥٦ \text{ سهم}$$

(لاحظ تحويل المساحة الناتجة بالمسطرة المستعملة كلها إلى أسهم).

ولتحويل هذه المساحة (٣١٧٠,٥٦ سهم) إلى أفدنة وقراريط وأسهم :

نقسم ٣١٧٠ سهم على ٢٤ فتنتج القراريط (لاحظ إهمال الكسور) =

ط ١٣٢ س ٢

ثم نقسم ١٣٢ قيراطاً على ٢٤ فتنتج الأفدنة = ط ١٢ ف ٥

فتكون مساحة الأرض الحقيقية : س ٢,٥٦ ط ١٢ ف ٥

تمارين

١ – شكل منتظم سداسى مساحته ١٥٤٠ متراً مربعاً، فما طول ضلعه ؟.

٢ – شكل خماسى منتظم مساحته ٢ فدان، ٩ قراريط ، ١٣ سهم. فما طول ضلعه وما مساحته بالسنتيمتر المربع على خريطة مقياسها ١ : ٣٠٠ .

٣ – شكل ثمانى منتظم، قيس طول ضلعه على خريطة ما فكان طوله ٤,٥ سم، فإذا كانت مساحته على الطبيعة ١٩٥,٦١٥ متراً مربعاً فما مقياس رسم الخريطة ؟.

٤ – قطعة أرض مرسومة بمقياس ١ : ٥٠٠٠ ، حسبت مساحتها بواسطة مسطرة التفدين مقياس ١ : ١٥٠٠ فكانت ٩ أفدنة، ١٠ قيراط ، ٧ أسهم. فما

المساحة الحقيقية لهذه الأرض إذا علم أن المسافة بين الخطوط المتوازية على لوح السيلوليد ١٢ م.

٥ – أ ب جـ د حديقة على شكل مستطيل مساحته ٢٤٠٠٠٠ متر مربع، والنسبة بين طوله وعرضه ٣ : ٢ . يراد شق طريق فى منتصفها بعرض ٢٠ متراً بحيث يكون محوره القطر أ جـ فما هى المساحة التى ستؤخذ من الحديقة لهذا الغرض.

٦ – قطعة أرض مساحتها ٢ فدان ، ١٧ قيراط ، ٨ أسهم، مرسومة على خريطة غير مبين بها مقياس الرسم. فإذا قدرت هذه المساحة بالبلانيمتر فكانت ١٨,٢٩٦٩ سم^2 ، أوجد مقياس رسم الخريطة.

٧ – قطعة أرض على شكل مثلث قائم الزاوية ونسبة قاعدته إلى إرتفاعه ٥ : ٣ ، ومساحته على خريطة ما ٧,٥ سم^2 ، فما مقياس رسم الخريطة إذا كان طول إرتفاعه على الطبيعة ٦٠ متراً.

٨ – مسطرة تفدين بمقياس ١ : ٣٠٠٠ ، فإذا كان طول الفدان عليها ٤٦,٧ م، فما طول المسافة الثابتة بين الخطوط المتوازية على لوحة السيلوليد.

٩ – إستخدم بلانيمتر فى إيجاد مساحة شكل ما فكانت القراءة الأولى ٣٧٢ والثانية ٧١٧ ، فإذا كانت مساحة الشكل ٢٠٧٠ متراً مربعاً فما مقدار معامل هذا البلانيمتر ؟.

١٠ – إذا كانت مساحة شكل ما ٣٨٦,٤ سم بمقياس ١ : ١٢٠٠٠٠ ، قيست ببلانيمتر فكانت قراءته الأولى ٢٨٦ والثانية ٧٦٩ فما مقدار معامل هذا البلانيمتر وما مساحته على الطبيعة

شكل (٥٤)

١١ – إحسب مساحة الشكل السابق رقم (٥٤) إذا كانت مساحة نصف الدائرة المرسومة على القطر أ ب = ٣٥٣,٢٥ متراً مربعاً باستخدام قانون سمبسون مرة وقانون دوراند مرة أخرى (إعتبر ط = ٣,١٤).

١٢ – إذا كان مقياس رسم مسطرة التفدين ١ : ٥٠٠٠ وطول الفدان عليها

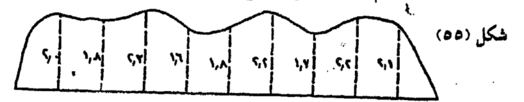
٢,٢٢ سم فما هو عرض المستطيلات على لوحة السيلولويد الواجب إستخدامها.

١٣ - إذا كان مقياس رسم الخريطة التى أمامك ١ : ٣٠٠٠، وكان عرض المستطيل على لوحة السيلولويد ٧ مم، صمم مسطرة تفدين ليمكن إستخدامها على هذه اللوحة.

١٤ - يراد تخطيط لوحة سيلوليد ليمكن القياس بها على خريطة مقياس رسمها ١ : ٢٠٠٠ إذا كان طول الفدان على مسطرة التفدين المستخدمة ١١,٦٧سم.

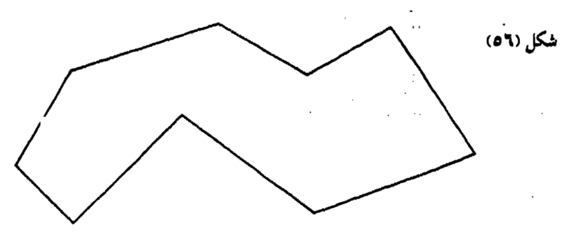
١٥ - أوجد مساحة الشكل الآتى رقم (٥٥) بالفدان باستخدام قانون سمبسون مرة وطريقة الإرتفاع المتوسط مرة أخرى، علماً بأن مقياس رسم الشكل ١ : ٢٥٠٠٠ (الأرقام المكتوبة على الشكل بالسنتيمتر).

شكل (٥٥)



١٦ - الشكل الآتى رقم (٥٦) يمثل حدود بركة مرسومة بمقياس ١ : ٣٠٠٠ والمطلوب معرفة مساحتها على الطبيعة بالمتر المربع باستخدام طريقة المثلثات مرة وطريقة أشباه المنحرفات مرة أخرى.

شكل (٥٦)



الفصل الرابع

المساحة بالجنزير

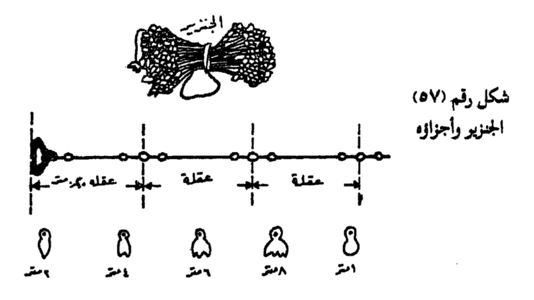
تعتبر المساحة بالجنزير من أبسط الطرق المستخدمة فى رفع تفاصيل منطقة ورسمها، وأساسها استعمال أدوات لقياس الأطوال فقط ولاسيما الجنزير لأنه الأكثر شيوعاً في الإستخدام، ولذا سميت هذه الطريقة باسمه وإن كان قد ألغى استعماله تقريباً الآن ويستخدم بدلاً منه شرائط من الصلب. وهذه الطريقة من أبسط الطرق لرفع الأراضى المكشوفة قليلة الإرتفاعات والإنخفاضات والصغيرة المساحة، ومازالت مستخدمة خاصة في رفع المبانى وإنشاء الخرائط التفصيلية ذات المقياس الكبير.

الأدوات المستخدمة فى المساحة بالجنزير:

١ - الجنزير Chain :

يتكون عادة من ١٠٠ علقة Link، وهو مصنوع من السلك الحديد أو الصلب. وتتصل كل عقلة بالأخرى بحلقات دائرية أو بيضاوية من نفس المعدن لايقل عددها عن ثلاث. وطول كل عقلة ٢٠ سم مقاسة من منتصف الحلقة الوسطى إلى منتصف الحلقة الوسطى التى تليها (شكل رقم ٥٧). وينتهى طرفا الجنزير بمقبضين من النحاس.

- ويوجد بعد كل مترين (أو ١٠ عقلات) علامة نحاسية ذات أسنان تدل على عدد الأمتار، وكل سن يشير إلى مترين ما عدا العلامة الوسطى التى تدل على منتصفه فهى مستديرة. ونجد هذه العلامات مكررة فى نصفى الجنزير ولذا فإن كل علامة تدل على بعد يساوى ضعف عدد أسنانها أو على بعد يساوى ٢٠ ناقصاً ضعف عدد الأسنان.



شكل رقم (٥٧)
الجنزير وأجزاؤه

والطول الشائع للجنزير هو ٢٠ متراً، ويعتبر طوله هو المسافة بين نهايتى المقبضين من الخارج. وإن كان هناك أنواع أخرى تتراوح أطوالها بين ٢٥ ، ٥٠ متراً وقد تصل إلى ١٠٠ متر فى بعض الأحيان.

ولفرد الجنزير، يمسك المقبضان باليد اليسرى ويوضع الجنزير فى اليد اليمنى ثم يلقى به بقوة إلى الأمام. ثم يمسك أحد الأفراد بأحد المقبضين ويتجه إلى الأمام حتى يتم فرده جيداً. وعند الإنتهاء من العمل، يقوم المساح بطى الجنزير إبتداء من منتصفه عند العلامة النحاسية المستديرة ويضم العقلتان المتجاورتان معاً ويثنيهما، وهكذا حتى يصل إلى المقبضين ثم يربط العقل المجمعة برباط جلدى خاص.

ويمتاز الجنزير بأنه يستعمل فى الأعمال التى لاتحتاج إلى درجة كبيرة من الدقة، وفى العمل العنيف والأراضى الوعرة، وكذلك سرعة إصلاحه إذا قطع أثناء العمل. أما عيوبه فهى تعرضه لزيادة طوله نتيجة لشده بقوة، أو قصره بسبب إنثناء أو إلتواء بعض العقل أو تشابكهما أو الترخيم بسبب ثقله وصعوبة جعله أفقياً تماماً عند القياس على أرض منحدرة أو متموجة.

لذلك ينبغى التحقق من طول الجنزير قبل إستخدامه حتى لايكون القياس خاطئاً وذلك بدق شوكتين على أرض منبسطة أفقية المسافة بينهما ٢٠ متراً تماماً (مقاسة بواسطة شريط صحيح الطول مصنوع من الصلب). ثم يشد الجنزير بينهما

ومن ثم يعرف طوله الصحيح أو الحقيقى ومقدار الخطأ عن طوله الأسمى المكتوب عليه.

٢ - الشريط التيل Lienen Tape :



شكل رقم (٥٨) الشـريط التـيل

يصنع من التيل غير القابل لنفاذ الماء، لذلك فهو عرضه للقطع أو التمزق أثناء العمل أو التمدد فى الطول نتيجة للرطوبة. وتوجد أشرطة مصنوعة من التيل المسلح بأسلاك رفيعة من الصلب لتساعد على ثبات طول الشريط وتمنعه من التمدد أو الإنكماش بالإضافة إلى تقويته ضد القطع أثناء العمل. وتتراوح أطوال الشرائط بين ١٥ ، ٥٠ متراً (شكل رقم ٥٨).

ويقسم أحد وجهى الشريط إلى أمتار وديسيميرات وسنتيمترات والوجه الآخر مقسم إلى ياردات وأقدام وبوصات. ويلف الشريط داخل علبة من الجلد حتى يظل نظيفاً وبعيداً عن الرطوبة.

ويستعمل الشريط فى قياس الأطوال القصيرة أو قياس أبعاد المبانى كذلك فى القياس على الأراضى الشديدة الإنحدار أو الوعرة نظراً لخفة وزنه. وهو يفضل الجنزير كثيراً فى دقته لأن تمدده أقل، كما أنه غير معرض للتمدد والإنكماش التى يتعرض لها الجنزير. ويجب الإهتمام بنظافة الشريط بمسحه جيداً بعد الإنتهاء من العمل وينبغى أن يكون جافاً تماماً قبل لفه داخل علبته.

٣ - الشريط الصلب Steel Tape :

وهو شريط مصنوع من سبيكة معينة من الصلب محفور عليه أقسام تدل على الأمتار والديسيمترات والسنتيمترات، ويتراوح طوله بين ٢٠ ، ٥٠ متراً، ويمتاز بعدم تمدده أو إنكماشه بسبب العوامل الجوية، لذا فهو يستخدم فى معايرة الجنازير العادية والأشرطة التيل ولايستخدم إلا فى المشاريع التى تحتاج إلى دقة كبيرة. وبالرغم من دقة الشريط الصلب وخفة وزنه إلا أنه يحتاج إلى عناية كبيرة

وحرص شديد أثناء العمل لأنه سهل الكسر. ويجب صيانته دائماً بتنظيفه بعد الإنتهاء من العمل وتجفيفه جيداً ومسحه بالزيت من آن لآخر حتى لا يصدأ.

٤ – الشوك Arrows :

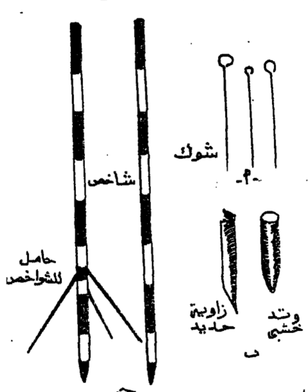
عبارة عن أسياخ من الحديد أو الصلب يتراوح أطوالها بين ٣٠ ، ٤٠ سم ، مدببة من أحد طرفيها ليسهل غرسها في الأرض. أما الطرف الآخر فعلى هيئة حلقة مستديرة ليستخدم كمقبض. وتستعمل الشوك في تحديد النقط وكذلك للتوجيه ولمعرفة عدد طرحات الجنزير عند قياس خط خوفاً من الخطأ (انظر شكل رقم ٥٩ – أ).

٥ – الأوتاد Pegs :

وهى إما أن تكون من الخشب إذا كانت تستخدم في الأراضي الزراعية أو اللينة، أو عبارة عن زوايا حديدية أحد طرفيها مدبب لاستخدامها في الأراضي الصلبة الأسفلتية أو الصخرية، حيث يصعب استخدام الأوتاد الخشبية. ويتراوح طولها بين ٢٠ ، ٣٥ سم وتدق في نقط بدء القياس أو رؤوس المضلعات ويترك جزءاً منها ظاهراً فوق سطح الأرض (حوالى ٥ سم) حتى يمكن الرجوع إليها (شكل رقم ٥٩ – ب).

٦ – الشواخص Ranging Poles :

عبارة عن قوائم خشبية أسطوانية الشكل أو مضلعة المقطع. يتراوح قطرها بين ٥ ، ١٠ سم تقريباً وطولها المعتاد ٢ متر وقد يصل إلى ٣ أمتار. وينتهى أحد طرفيها بكعب حديدى مدبب حتى يمكن غرسه في الأرض إذا كانت زراعية، أما في الأراضي الصلبة فيوضع الشاخص في حامل ثلاثى خاص (شكل رقم ٥٩ – جـ).



شكل رقم (٥٩)
الشوك – الأوتاد – الشواخص

والشواخص ملونة بألوان متبادلة عادة ماتكون الأبيض والأحمر أو الأبيض والأسود أو الثلاثة مما يسهل تمييزها ورؤيتها من بعيد. وأحياناً يوضع في أعلى الشاخص راية ملونة بنفس الألوان لنفس الغرض. وتستعمل الشواخص في توجيه الخطوط أثناء القياس ولتحديد أماكن الأوتاد على بعد.

٧ – دفتر الغيط Field Book :

عبارة عن دفتر مستطيل الشكل طوله حوالي ٢٢ سم وعرضه ١٢ سم تقريباً، ويفتح في اتجاه طوله. وبوسطه خطان أحمران المسافة بينهما ٢ سم يمثلان خطاً واحداً هو خط الجنزير.

ويستعمل دفتر الغيط في رسم كروكي التفاصيل المجاورة لخط الجنزير والموجودة على جانبيه، كما سنذكر فيما بعد، وكذلك كروكيات النقط المحددة لرؤوس المضلعات وتسجل فيه الأحداثيات الرأسية والأفقية للظاهرات المرفوعة (التحشية).

قياس مسافة بين نقطتين

أولاً : القياس على أرض مستوية:

١ – المسافة بين النقطتين أقل من طول الجنزير:

أ – يمسك شخص بمقبض الجنزير ويجعله مماساً لنقطة ابتداء الخط ويحتفظ به مثبتاً في مكانه.

ب – يسير شخص آخر وفي يده المقبض الآخر للجنزير في اتجاه النقطة الثانية التي تمثل نهاية الخط مع مراعاة فرد الجنزير جيداً أثناء السير حتى يصل إلى نهاية الخط، ثم يشد الجنزير جيداً حتى لايكون هناك خطأ في القياس.

جـ – تؤخذ القراءة على الجنزير على النحو التالي :

تفحص آخر علامة نحاسية قبل نهاية الخط ثم تعد العقلات الكاملة من هذه

العلامة حتى نهاية الخط وإذا كان هناك جزء من عقلة فيقدر طولها بالنظر أو تقاس بالمسطرة وبذلك يكون :

طول الخط = عـدد أسنـان العلامة النحاسية مضروباً × ٢ (إذا كانت قبل منتصف الجنزير ، أما إذا كانت بعده فيطرح الناتج من ٢٠) + عدد العقل الصحيحة مضروباً × ٢٠ سم + طول الجزء الباقى من آخر عقلـة.

د - يكرر العمل كما سبق مبتدئين من النقطة التى انتهى عندها القياس ونأخذ القراءة مرة أخرى وإذا كان هناك فرق بين القراءتين يؤخذ متوسطهما. ويكون هذا المتوسط هو طول المسافة بين النقطتين.

٢ - المسافة بين النقطتين تزيد عن طول الجنزير :

أ - يوضع فوق كل نقطة من طرفى الخط (أ ، ب) شاخصاً حتى يكونا واضحين وتسهل عملية التوجيه.

ب - يمسك القائد بمقبض الجنزير ويثبته عند أول الخط (نقطة أ) وذلك بجعل مقبضه مماساً لهذه النقطة.

جـ - يسير التابع فى اتجاه النقطة ب ومعه المقبض الآخر للجنزير. مع مراعاة فرد الجنزير أثناء السير إلى أن يصل إلى آخر طوله.

د - يقوم القائد بتوجيه التابع، وذلك بمحاولته أن يجعل الشاخص الموجود أمامه (فى نقطة أ) يخفى خلفه الشاخص الموجود فى نقطة ب. وفى الوقت نفسه يأمر التابع بالتحرك يميناً أو يساراً حتى يرى الشوكة التى تمثل نهاية طول الجنزير قد أصبحت تقع على الخط أ ب ، فيأمره بغرسها أو وضع علامة بالطباشير إذا كانت الأرض صلبة.

هـ - يتحرك التابع إلى الأمام ساحباً معه الجنزير وكذلك القائد، حتى يصل القائد إلى مكان الشوكة التى غرسها التابع ويثبت عندها مقبض الجنزير،

ويكون التابع قد وصل إلى نقطة جديدة. وتجرى نفس عملية التوجيه السابق ذكرها، ثم يغرس التابع شوكة أخرى.

و - يستمر العمل على هذا النحو حتى آخر الخط. ويقاس الجزء الأخير من الخط والذى يقل طوله عن طول الجنزير بالطريقة التى سبق ذكرها عند قياس مسافة أقل من طول الجنزير.

ز - تحصى عدد الشوك أو العلامات الطباشيرية وبذلك تعرف عدد طرحات الجنزير ويضرب هذا العدد فى طول الجنزير المستعمل ويضاف إليه الجزء الأخير، فينتج طول الخط أ ب كاملاً.

ح - يعاد العمل مرة أخرى مبتدئاً من نقطة الإنتهاء ب فى إتجاه نقطة أ ثم يؤخذ المتوسط بين الطولين فيكون الناتج عبارة عن طول الخط أ ب بطريقة أكثر دقة.

ملاحظات على القياس والتوجيه:

* يجب أن يكون الشاخص رأسياً تماماً والتوجيه على نهايته السفلى (كعبه) ويتم ذلك بانحناء الراصد قليلاً.
* يقف القائد خلف الشاخص بمسافة قليلة ويوجه بإحدى عينيه على جانب واحد من الشاخص.
* يحاول التابع أن يوجه نفسه بالتقريب أثناء سيره.
* يتفق القائد والتابع على إشارات خاصة باليدين بدلاً من الصياح والنداء.

ثانياً : القياس على أرض منحدرة:

من المعروف أن الأطوال التى ترسم على الخرائط هى الأطوال المقاسة على المستوى الأفقى وليست الأطوال المائلة. لذلك يجب مراعاة هذا الأمر أثناء القياس على الأراضى المنحدرة. وقد تكون الأراضى التى نقوم بقياس المسافات عليها ذات إنحدار منتظم أو غير منتظم، وفى كلا الحالتين تختلف طريقة القياس.

١ - إذا كانت الأرض منتظمة الإنحدار :

فى هذه الحالة تقاس المسافة المائلة بالجنزير ثم يصحح الطول الناتج لإيجاد المسقط الأفقى لطول الخط وذلك باستخدام نظرية فيثاغورث تبعاً للمعادلة الآتية:

$$\text{المسافة الأفقية} = \sqrt{(\text{المسافة المقاسة على المائل})^{2} - (\text{الفرق بين منسوبى طرفى الخط})^{2}}$$

$$\text{أو}\quad ف = \sqrt{م^{2} - ع^{2}}$$

وهناك معادلة تقريبية يمكن إستخدامها فى حالة ما إذا كان الفرق بين منسوبى الخط والمسافة المائلة أكثر من ٢٠ ٪ وهذه المعادلة :

$$\text{التصحيح} = \frac{(\text{الفرق بين منسوبى طرفى الخط})^{2}}{\text{ضعف المسافة المائلة}} \quad \text{تقريباً}$$

$$\text{أى}\quad م - ف = \frac{ع^{2}}{٢\, م} \quad \text{تقريباً}$$

مثال :

قيس خط على منحدر منتظم، فكان طوله ١٠٠ متر ، فإذا كان الفرق بين منسوبى طرفيه ١٧ متراً. فما طول المسافة الأفقية ؟

الإجابة:

(أ) بطريقة فيثاغورث :

$$ف = \sqrt{(١٠٠)^{٢} - (١٧)^{٢}} = ٩٨,٥٤٤ \text{ متر}$$

(ب) بالمعادلة التقريبية :

$$م - ف = \frac{(١٧)^{٢}}{٢ \times ١٠٠} = ١,٤٤٥ \text{ متر}$$

$$\therefore ف = ١٠٠ - ١,٤٤٥ = ٩٨,٥٥٥ \text{ متر}$$

أى أن الفرق بين الطريقتين = ١١ ملليمتراً وهو خطأ مسموح به. والجدول التالى يبين مقدار التقريب باستعمال هذه المعادلة (بالملليمتر).

ع لكل ١٠٠ متر مقاسة على المائل	٥	١٠	١٥	٢٠	٣٠	٤٠	٦٠
الخطأ بالملليمتر	٠,١	١,٠	٧	٢٠	١٠٠	٣٠٠	٢٠٠٠

ويتضح من هذا الجدول أنه كلما إزداد إنحدار الأرض كلما إزداد الخطأ الناتج عن إستخدام هذه المعادلة التقريبية فإذا كان الفرق بين منسوبى طرفى خط طوله ١٠٠ متر ، قدره ٣٠ متراً فإن الخطأ الناتج يساوى ١٠٠ ملليمتر وهكذا.

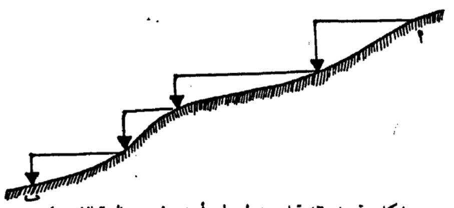
٢ – إذا كانت الأرض غير منتظمة الإنحدار :

أ – يقسم الخط إلى أجزاء تبعاً لنقط التغير فى الإنحدار شكل رقم (٦٠).

ب – يقاس كل جزء من بداية الخط بأن يمسك القائد بداية الجنزير عند أول الخط، والتابع عند نهاية الجزء المراد قياسه ويشدان الجنزير لجعله أفقياً.

جـ – بعد أن يتم توجيه التابع فى الإتجاه الصحيح، يمسك بخيط شاغول ملاصقاً للجنزير عند نهاية هذا الجزء ويترك الثقل يتدلى إلى أسفل ليسامت على النقطة التى تمثل نهايته وتقرأ قراءة الجنزير والتى تمثل طول المسافة الأفقية لهذا الجزء.

د – يكرر نفس العمل بالنسبة لباقى أجزاء الخط وتجمع الأطوال المقاسة فيكون مجموعها عبارة عن طول المسافة الأفقية للخط.



شكل رقم (٦٠) قياس خط على أرض غير منتظمة الإنحدار

ملاحظات على القياس فى هذه الحالة :

* يجب جعل الجنزير أفقياً بالنظر بقدر الإمكان فى الأراضى قليلة الإنحدار، أما فى الأراضى شديدة الإنحدار فيصعب شده أفقياً ويحسن التحقق من أفقيته بأن يصنع زاوية قائمة مع خيط الشاغول الموضوع فى نهاية الجزء المقاس.

* لزيادة الدقة يستعمل الشريط الصلب بدلاً من الجنزير فى هذه الحالة لدقته وخفة وزنه.

* يحسن القياس دائماً من أعلى إلى أسفل.

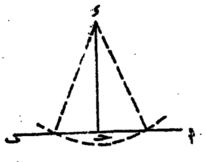
إسقاط وإقامة الأعمدة على خط الجنزير

تعتمد طرق الرفع بالجنزير على إقامة الأعمدة على خط الجنزير فى إتجاه الأهداف أو الأغراض المراد رفعها أو توقيعها، أو إسقاط أعمدة من هذه الأهداف على خط الجنزير. لذلك تتعدد الطرق التى يتم بها إقامة أو إسقاط الأعمدة. فيمكن إستخدام الشريط بالنسبة للأهداف القريبة من خط الجنزير. كما أن هناك أجهزة لهذا الغرض بالنسبة للأهداف التى تبعد عن خط الجنزير بمسافات أكبر من طول الشريط المستخدم. وهذه الأجهزة بسيطة فى تركيبها وفى إستخدامها، قليلة التكاليف ودقتها محدودة لتلائم طريقة الرفع بالجنزير. إذ أن أهم ميزة للمساحة باستخدام الجنزير هى قلة النفقات واستخدام أبسط الأجهزة والأدوات مع الحصول على نتائج يكون الخطأ فيها مسموحاً به، وإن كانت هذه الطريقة أقل طرق الرفع المساحية فى دقتها.

وفيما يلى عرض للطرق الشائعة الإستخدام لإقامة الأعمدة أو إسقاطها على خط الجنزير باستخدام الشريط أو الأجهزة مثل المثلث المساح (بأنواعه المختلفة) والمنشور المرئى المزدوج والبانتومتر.

١ - إستخدام الشريط فى إقامة وإسقاط الأعمدة :

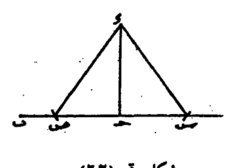
أ - طريقة أقصر بُعد :



شكل رقم (٦١) طريقة أقصر بُعد

تستخدم طريقة أقصر بعد فى إسقاط الأعمدة من الأهداف فى إتجاه خط الجنزير. ولإجراء هذه الطريقة يثبت أول الشريط عند نقطة د المراد إسقاط العمود منها على خط الجنزير أ ب . نفرد الشريط ونتحرك به على خط الجنزير مع ملاحظة تناقص أو تزايد القراءة على الشريط حتى نحصل على أقل قراءة،و فتكون هى أقصر بعد ولتكن عند نقطة جـ . فتكون نقطة جـ هى موقع العمود د جـ على الخط أ ب - انظر الشكل رقم (٦١).

(ب) طريقة المثلث المتساوى الساقين :



شكل رقم (٦٢)

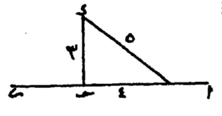
طريقة المثلث المتساوى الساقين

تستخدم هذه الطريقة لإسقاط الأعمدة على خط الجنزير. وللقيام بها نثبت أول الشريط عند نقطة د التى نرغب فى إسقاط عمود منها على خط الجنزير شكل رقم (٦٢) ونقطع بأى طول نختاره من الشريط خط الجنزير فى نقطتين (س، ص) ونغرس شوكتين. تنصف المسافة بين س ، ص فيكون منتصفها هو موقع إلتقاء العمود د جـ بالخط أ ب .

(جـ) طريقة المثلث ٣ : ٤ : ٥ :

وتعتمد هذه الطريقة على نظرية فيثاغورث إذ أن المثلث الذى تكون النسبة بين أطوال أضلاعه ٣ : ٤ : ٥ يكون قائم الزاوية. ويمكن إستخدامها فى إقامة الأعمدة على خط الجنزير. فإذا كان المطلوب إقامة عمود من نقطة معينة (جـ)

على الخط أ ب ، فإننا نكوّن بالشريط مثلث أطوال أضلاعه ٤ أمتار (ويثبت هذا الضلع موازياً لخط الجنزير، وينتهي عند نقطة جـ)، ٣ أمتار (ويبدأ من نقطة جـ وينتهي عند نقطة د) ثم ٥ أمتار (ويبدأ من نقطة د ويمثل وتر المثلث) كما في الشكل رقم (٦٣). ويشد الشريط جيداً لتكون أضلاعه مستقيمة ونغرس شوكة عند النقطة د التي تمثل رأس العمود.



شكل رقم (٦٢)
طريقة المثلث ٣: ٤ : ٥

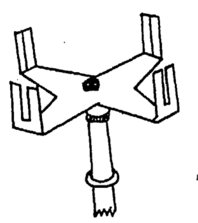
٢ - إستخدام الأجهزة في إسقاط وإقامة الأعمدة :

(أ) المثلث المساح :

هناك أنواع متعددة من المثلث المساح، بعضها بسيط مثل المثلث المساح المفتوح ويستخدم في تعيين الزوايا القائمة والبعض الآخر مركب مثل المثلث المساح المثمن والذى يتميز بإمكان تعيين الزوايا ٤٥° ، ١٣٥° بالإضافة إلى تعيين الزوايا القائمة. وفيما يلي تركيب كل منهما.

المثلث المساح المفتوح Open Cross Staff :

يتركب من ساقين معدنيتين متعامدتين على بعضهما، في طرفي كل منهما قائم، وفي وسط كل قائم شرخ رأسي رفيع ترصد منه الأهداف. شكل رقم (٦٤). فالخط الواصل بين كل شرخين متقابلين عبارة عن خط نظر عمودي على الخط الواصل بين الشرخين الآخرين. ومركب على قاعدة متصلة بحامل ذى شعبة واحدة.



شكل رقم (٦٤)
المثلث المساح المفتوح

المثلث المساح المثمن Octagonal Cross Staff :

عبارة عن منشور مجوف ثماني منتظم، مثبت على حامل ذى شعبة واحدة. يوجد في الأوجه الأربعة الرئيسية شرخ رأسي ضيق وتحته (أو فوقه في الجهة المقابلة) فتحة واسعة مستطيلة، بوسطها شعرة رأسية من السلك الرفيع. وكل شعرة تقابل الشرخ المقابل لها وبالعكس شكل رقم (٦٥). وخط النظر الواصل بين الوجهين المتقابلين عمودياً على خط النظر الواصل بين الوجهين الآخرين وتستخدم الأوجه الرئيسية في تعيين الزوايا القائمة. أما الأوجه الأربعة الثانوية ففيها شرخ رأسي فقط حتى يمكن تمييزها عن الأوجه الرئيسية. ووظيفة الأوجه الثانوية قياس الزوايا ٤٥° ، ١٣٥° كما سنذكر فيما بعد. وقد يزود المثلث المساح المثمن بميزان مياه للتأكد من صحة وضعه أفقياً عند إستخدامه.

شكل رقم (٦٥)

ويستخدم المثلث المساح (بنوعيه) في الأغراض الآتية :

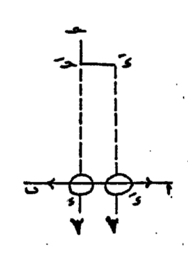
* إقامة الأعمدة على خط الجنزير :

في حالة إقامة عمود من نقطة جـ التى تقع على خط الجنزير أ ب ، يثبت الجهاز في نقطة جـ ونذير الجهاز حتى يصبح توجيهه مضبوطاً، وذلك بالنظر من أحد الشروخ الرئيسية ورصد الشاخص في نقطة أ ، ثم يستدير الراصد حول الجهاز وينظر من الوجه المقابل لهذا الشرخ، فيجب أن يرى الشاخص ب دون تحريك الجهاز. وبذلك يتحقق من أن الجهاز (أو نقطة جـ) تقع على الخط أ ب تماماً. ولإقامة العمود، ينظر الراصد من أحد الشرخين الذى يتعامد خط النظر الواصل بينهما على الخط أ ب ، ثم يأمر التابع وفي يده شاخص رأسي بالتحرك يميناً ويساراً حتى يظهر الشاخص على إرتداد خط النظر فيأمره بتثبيت الشاخص وليكن في نقطة جـ فيصبح جـ جـ العمود المقام على الخط أ ب من نقطة جـ. (الشكل رقم ٦٦).

شكل رقم (٦٦)

*** إسقاط الأعمدة على خط الجنزير :**

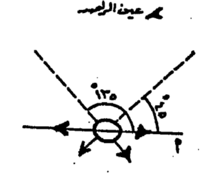
يعين الراصد – بالتقريب – مسقط نقطة جـ وهي النقطة المراد إسقاط عمود منها على خط الجنزير أ ب ، ولتكن عند نقطة دَ ويثبت عليها المثلث المساح ويقيم منها عموداً، فإذا كان إختيار هذه النقطة موفقاً فإن العمود القائم سيمر بالنقطة جـ . وإلا فإنه يبعد عنها بمسافة صغيرة ولتكن دَ جَـ والتي يمكن قياسها. ثم يأخذ بعداً مساوياً لهذه المسافة على خط الجنزير وفي نفس الإتجاه من النقطة د فيعين بذلك نقطة د ، ينتقل إليها بالجهاز ويعاد العمل للتحقيق (شكل رقم ٦٧).



شكل رقم (٦٧)

*** تعيين الزوايا ٤٥° ، ١٣٥° :**

تستخدم هذه الطريقة في حالة ما إذا كان الهدف المطلوب رصده يقع مسقط العمود الساقط منه على إمتداد خط الجنزير بعد نهايته. ولإجراء ذلك يتبع ما سبق ذكره في إقامة الأعمدة فيما يختص بعملية التوجيه. وبعد التحقق من صحة وضع الجهاز، يتم التوجيه باستخدام الشروخ الثانوية فيعين بذلك الزوايا ٤٥° ، ١٣٥°. انظر الشكل رقم (٦٨).



شكل رقم (٦٨)

عيوب المثلث المساح:

* لايمكن ضبطه إذا كانت الشروخ غير متعامدة على بعضها تماماً.

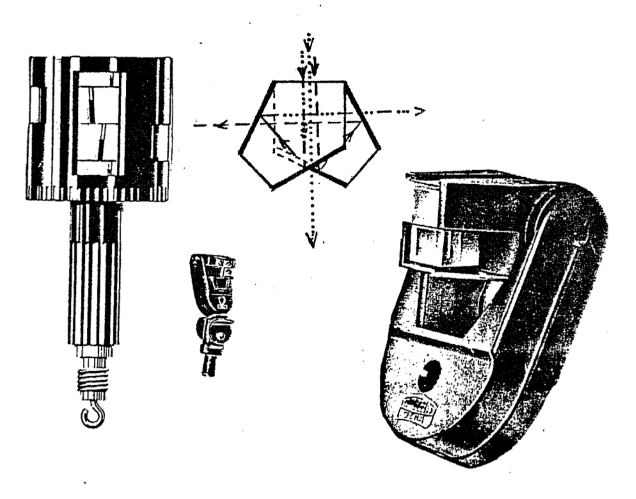
* لايمكن جعله أفقياً تماماً إذا لم يكن مزوداً بميزان مياه، لذلك فالزوايا التي تقاس به ليس من المؤكد أن تكون مقاسة على المسقط الأفقي.

* المسافة بين كل شرخين متقابلين صغيرة، نظراً لصغر نصف قطر المثمن.

فلا تساعد على تحديد الإتجاه بدقة كاملة. وكلما زادت المسافة بين الشرخين، كلما ساعد ذلك على تحديد الإتجاه بدرجة أدق.

(ب) المنشور المرئى المزدوج Double Prismatic Square :

يعتبر أسرع وأدق الأجهزة المستخدمة فى طرق الرفع بالجنزير، لإقامة الأعمدة أو إسقاطها على خط الجنزير. وهو عبارة عن جهاز صغير الحجم، خفيف الوزن، ولايحتاج إلى تحقيق بعد صناعته. ويطغى إستخدامه حالياً على إستعمال المثلث المساح. وتعتمد نظرية هذا الجهاز على أنه إذا سقط شعاع على منشور خماسى وإنعكس داخله مرتين فإن الزاوية بين الشعاع الداخل والشعاع الخارج تكون قائمة وتساوى ضعف الزاوية بين وجهى الإنعكاس . شكل رقم (٦٩).



شكل رقم (٦٩) المنشور المرئى المزدوج

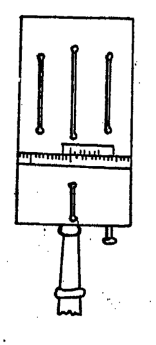
ويتركب المنشور المرئي المزدوج من منشورين زجاجيين، كل منهما له خمسة أوجه، إثنان منهما عبارة عن مرآة من الداخل الزاوية بينهما ٤٥°. والمنشوران موضوعان فوق بعضهما ولكل منهما فتحتان إحداهما أمام عين الراصد والثانية على يمين الراصد بالنسبة للمنشور السفلي وعلى يساره بالنسبة للمنشور العلوى. وموجود في العلبة التي تحتويهما فتحة في أسفلهما وقناة في أعلاهما حتى يمكن إستخدامها في التوجيه لإقامة الأعمدة. ويزود الجهاز بحامل ذى شعبة واحدة حر الحركة وثقل ليسامت نفسه وتحديد مسقط الجهاز على خط الجنزير. وهذا الحامل يمكن فصله إلى أجزاء. وقد يستبدل الحامل بخيط في أسفله ثقل الشاغول لتحديد تسامت الجهاز على خط الجنزير.

ويستخدم المنشور المرئي المزدوج في نفس الأغراض التي يستعمل فيها المثلث المساح. ففي حالة إقامة الأعمدة من خط الجنزير، يقف الراصد بالجهاز فوق نقطة جـ المطلوب إقامة العمود منها وتقع على الخط أ ب . ثم ينظر الراصد من المنشورين السفلي والعلوى، فيجب أن يرى صورتي الشاخصين الموجودين في نقطتي أ ، ب يكملان بعضهما وعلى إستقامة واحدة. وبذلك يتأكد من أن نقطة جـ تقع على خط الجنزير تماماً. ثم ينظر بالعين المجردة من الفتحة السفلى أو القناة العليا ويأمر التابع بالتحرك يميناً ويساراً ممسكاً بشاخص في يده، حتى يرى الشاخص وقد أصبح يكمل صورتي الشاخصين الموجودين في المنشورين فيأمره بتثبيت الشاخص وليكن في نقطة د ، فيصبح جـ د العمود المطلوب إقامته.

أما في حالة إسقاط الأعمدة على خط الجنزير، يتحرك الراصد وفي يده الجهاز على يمين ويسار خط الجنزير، وعينه مثبتة على المنشورين حتى يرى الشاخص الموجود في نقطة أ والشاخص الموجود في النقطة ب يكملان بعضهما، مع مراعاة أن يكون واقفاً بالتقريب أمام الشاخص الموجود في النقطة د المطلوب إسقاط عمود منها، فإذا لم يجد من الفتحة السفلى هذا الشاخص،

يتحرك على خط الجنزير مع محافظته على بقاء صورتى الشاخصين فى نقطتى أ، ب على إستقامة واحدة، حتى يرى بالعين المجردة الشاخص الموجود فى نقطة د على إستقامتهما أيضاً، فيثبت الجهاز فى هذه النقطة ولتكن جـ وتصبح نقطة إسقاط العمود د جـ على خط الجنزير أ ب .

(جـ) البانتومتر Pantometer :



شكل رقم (٧٠) البانتومتر

وهو نوع معدل من المثلث المساح. ويستخدم فى قياس الزوايا بين صفر، ٣٦٠° ويتركب من إسطوانتين متساويتين فى قطرهما (حوالى ٥ سم) والأسطوانة السفلى أقل فى إرتفاعها من الأسطوانة العليا. ومحيط الأسطوانة السفلى مقسم إلى ٣٦٠° فى إتجاه ضد عقرب الساعة. ويوجد على المحيط السفلى للإسطوانة العليا ورنية وفوقها عدسة مكبرة حتى يمكن قراءة المقياس والورنية بكل وضوح وسهولة ودقة. ويوجد فى جوانب الأسطوانة العليا أربعة شروخ رأسية، الخط الواصل بين الشرخين الثانويين عمودى على الخط الواصل بين الشرخين الرئيسيين، وذلك لتعيين الزوايا القائمة، ويركب البانتومتر على حامل ذى شعبة واحدة ينتهى بثقل الشاغول المدبب ليسهل غرسه فى الأرض انظر شكل (٧٠).

ويستخدم البانتومتر فى نفس الأغراض التى يستعمل فيها المثلث المساح. فإذا كان صفر الورنية منطبقاً على صفر المقياس، يعتبر فى هذه الحالة مثلث مساح أسطوانى الشكل Cylinderical Cross Staff دون تحريك الأسطوانة العليا. إلا أنه يمتاز على المثلث المساح والمنشور المرئى المزدوج بأنه يمكن قراءة زوايا إنحراف

الأهداف عن خط الجنزير يميناً أو يساراً. وكذلك توقيع أى زاوية وذلك بتحريك الأسطوانة العليا. وفيما يلى كيفية إستخدام البانتومتر.

١ - قياس زاوية إنحراف هدف عن خط الجنزير :

يوضع الجهاز فى نقطة جـ الواقعة على خط الجنزير أ ب ويطبق صفر الورنية على صفر المقياس. وبعد إجراء عملية التوجيه، أى برصد الشاخصين الموجودين فى نقطتى أ ، ب عن طريق الشرخين الرئيسيين الموجودين بالأسطوانة العليا والتأكد من أن نقطة جـ تقع على الخط الواصل بينهما، تثبت الأسطوانة السفلى ويبدأ الراصد فى تحريك الأسطوانة العليا حتى يرى الشاخص الموجود فى نقطة د (الهدف) من نفس الشرخين السابق إستخدامهما فى عملية التوجيه. وتكون القراءة التى يبينها صفر الورنية هى مقدار الزاوية أ جـ د .

٢ - توقيع زاوية معينة على خط الجنزير:

بعد إجراء عملية التوجيه السابق ذكرها، وصفر الورنية منطبقاً على المقياس. تثبت الأسطوانة السفلى وتحرك الأسطوانة العليا حتى ينطبق صفرها على الزاوية المطلوبة. ثم ينظر الراصد من نفس الشرخين السابق إجراء عملية التوجيه بهما ويأمر التابع ومعه شاخص رأسى بالتحرك يميناً ويساراً حتى يظهر هذا الشاخص من خلال الشرخين فيأمره بتثبيت الشاخص فى النقطة الواقف عليها وبذلك يكون قد عيّن الزاوية المطلوبة على خط الجنزير.

رفع منطقة بواسطة الجنزير

تتلخص عملية رفع منطقة من الطبيعة إلى الخريطة باستخدام الجنزير، فى تثبيت عدة نقط وتوصيلها ببعض لتكون مضلعاً يسمى الهيكل أو الترافيرس ثم يرفع هذا المضلع من الطبيعة إلى دفتر الغيط. ويبين على كل ضلع التفاصيل الطبيعية والصناعية الموجودة فى المنطقة المطلوب رفعها، وذلك بقياس الإحداثيات الرأسية والأفقية لهذه الظاهرات وتدوينها فى دفتر الغيط. ويطلق على هذه العملية «التحشية». وبعد ذلك يتم توقيع الأرصاد المسجلة فى دفتر الغيط على اللوحة. وفيما يلى خطوات رفع منطقة بالجنزير.

١ - معاينة المنطقة ورسم الكروكى :

يجب أولاً إستكشاف المنطقة المراد رفعها ومعاينتها لتكوين فكرة عامة عن طبيعة الأرض وحدودها وملاحظة المعالم المميزة لها والأعمال الصناعية الموجودة بها وتفاصيلها والظاهرات الطبيعية المنتشرة عليها؛ حتى يمكن إختيار أحسن المواقع للنقط التى سيعتمد عليها لتكوين المضلع أو الهيكل الأساسى للمنطقة، بالإضافة إلى تحديد الأدوات والأجهزة اللازمة للقيام بعملية الرفع مثل تجهيز زوايا حديدية وحامل للشواخص إذا كانت طبيعة الأرض تتميز بصلابتها، أو تجهيز أشرطة طويلة أو إستخدام الأجهزة الخاصة بإقامة وإسقاط الأعمدة إذا كانت أطوال إحداثيات الأهداف المطلوب رفعها كبيرة وهكذا.

ويتم رسم كروكى للمنطقة فى دفتر الغيط ولايشترط أن يكون الكروكى بمقياس رسم معين، بل يكفى أن يمثل الطبيعة بالتقريب، مع ملاحظة الجهات الأصلية أثناء الرسم، والمعتاد أن يمثل الحافة العليا لدفتر الغيط إتجاه الشمال. وينبغى أن يكون رسم الكروكى بالقلم الرصاص الخفيف حتى يتيسر إجراء التغييرات التى يتضح عدم مطابقتها فى الطبيعة. كما يجب أن يكون هذا الكروكى كبيراً لدرجة تسمح ببيان التفاصيل وعدم إزدحامها، وبالمران يتعود المساح على صحة تقدير أطوال المسافات والأبعاد.

٢ - إختيار النقط المحددة للمضلع:

يفضل دائماً أن يكون الهيكل الأساسى للمنطقة مكوناً من مثلثات. إذ أن المثلث هو الشكل الهندسى الوحيد الذى يمكن رسمه بمعلومية أطوال أضلاعه فقط. ويراعى فى إختيار النقط المحددة لرؤوس المضلعات مايلى:

أ - يجب ألا تخترق خطوط الجنزير مواقع حتى يمكن تبادل الرؤية بين النقط ولا تعوق القياس.

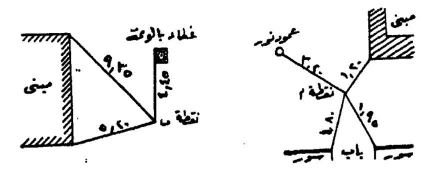
ب - أن تكون النقط فى مواقع بعيدة عن حركة المرور لتفادى إزالتها ويسهل العثور عليها عند إستخدامها. فمثلاً يحسن أن تكون خطوط الجنزير بجوار حدود الطرق (الرصيف) وليس فى وسطها.

جـ - أن تعين النقط بأوتاد خشبية فى الأراضى الزراعية مع بروزها قليلاً. أما فى الأراضى الصلبة كالطرق المرصوفة أو الصخرية فتدق مسامير حديدية أو زوايا رؤوسها فى مستوى سطح الأرض.

د - يراعى أن تكون عدد خطوط المضلع أقل ما يمكن وأطوالها أطول ما يمكن، لتفادى قياس الزوايا المحصورة بين هذه الأضلاع وتقليل عددها ماأمكن، إذ أن الأجهزة التى تستخدم فى قياس الزوايا بدقة معقدة التركيب وصعبة الإستخدام مثل التيودوليت.

هـ - وإذا كان هيكل المنطقة مكوناً من مثلثات، فينبغى أن تتراوح زوايا رؤوس هذه المثلثات بين ٣٠° ، ١٥٠ ° وأحسنها ماكان متساوى الأضلاع أو متساوى الساقين.

وبعد إختيار المواقع النهائية للنقط ومراجعتها طبقاً للشروط السابقة ودق الأوتاد، أو الزوايا الحديدية فى المواقع المختارة لها، يرسم لكل نقطة كروكى على حدة (بعد تعيين موقعها على الكروكى العام للمنطقة). ثم تؤخذ ثلاثة أبعاد إلى ثلاثة أهداف ثابتة مثل أركان المبانى والأعمدة وغيرها وكتابة هذه الأبعاد على الكروكى الخاص بالنقطة حتى إذا أزيلت النقطة يمكن إعادة تعيين موقعها بدقة. والشكل رقم (٧١) يوضح مثالين لكروكى نقطتين.



شكل رقم (٧١) مثالان لكروكى نقط رؤوس مضلع

٣ – قياس الأضلاع وإجراء التحشية:

بعد الإنتهاء من تعيين نقط رؤوس المضلع تقاس المسافات بين هذه الرؤوس بالجنزير، كما سبقت الإشارة عند «قياس المسافة بين نقطتين» ويطلق على كل ضلع من الأضلاع «خط الجنزير». ويحسن أن يتم قياس كل خط أكثر من مرة وأخذ المتوسط حتى تكون الأطوال أكثر دقة.

أما التحشية فمعناها توقيع إحداثيات التفاصيل أو الظاهرات المطلوب رفعها بالنسبة لكل خط من خطوط المضلع. فأى نقطة من هذه التفاصيل لها إحداثيان: الإحداثى الأفقى وهو بعدها العمودى عن خط الجنزير وإحداثيها الرأسى هو بعد المسقط العمودى للظاهرة مقاساً من بداية الضلع.

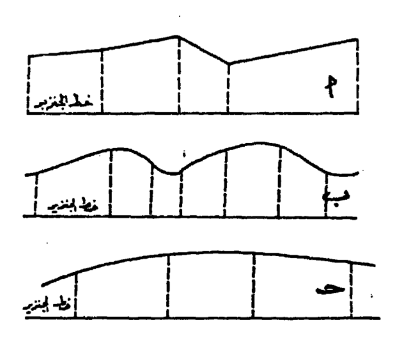
ولإجراء التحشية يفرد الجنزير فى إتجاه الضلع المطلوب عمل التحشية له، أى رفع التفاصيل والأهداف الواقعة على يمينه ويساره. ويرسم كروكى لهذا الخط فى دفتر الغيط. فالخطين الموجودين فى منتصف الصفحة يمثلان هذا الضلع كله وترسم كروكيات للتفاصيل الواقعة على جانبى هذا الخط فى نفس الصفحة. ويتم إسقاط أعمدة من الأهداف المطلوب رفعها ويقاس طول كل عمود فيما بين الهدف وخط الجنزير وهو مايسمى بالإحداثى الأفقى. كذلك المسافة من بداية خط الجنزير إلى مسقط هذا العمود وهو مايسمى بالإحداثى الرأسى. وتتم عملية إسقاط الأعمدة وقياس الإحداثيات الأفقية والرأسية لكل ظاهرة موجودة على جانبى هذا الجزء من خط الجنزير. وتدون أطوال الإحداثيات الرأسية فى المسافة المحصورة بين الخطين من أسفل إلى أعلى، وتدون أطوال الإحداثيات الأفقية على الأعمدة المتجهة نحو الظاهرات المرفوعة سواء كانت على يمين خط الجنزير أو على يساره. وبعد الإنتهاء من هذه الطرحة يطرح الجنزير طرحة أخرى على الضلع وتدون التفاصيل بنفس الطريقة وهكذا حتى ينتهى الخط.

ويراعى فى التحشية مايأتى :

* عندما يكون حد الظاهـرة مستقيماً كأن يكون سوراً أو حافة طريق أو مبنى.. فتوجد التحـشية عنـد أول ونهاية هـذه الحدود المستقيمة شكل رقم (٧٢ – أ).

* عندما يكون الحد متعرجاً بغير إنتظام – تؤخذ التحشية على فترات غير منتظمة عند نقط التغير فى الإنحناء شكل رقم (٧٢ – ب).

* عندما يكون الحـد متسـقاً فـى الإنحناء – تؤخـذ التحشية على مسافات متساوية وتقل هذه المسافات أو تزداد حسب درجة الإنحناء. شكل رقم (٧٢ – جـ).

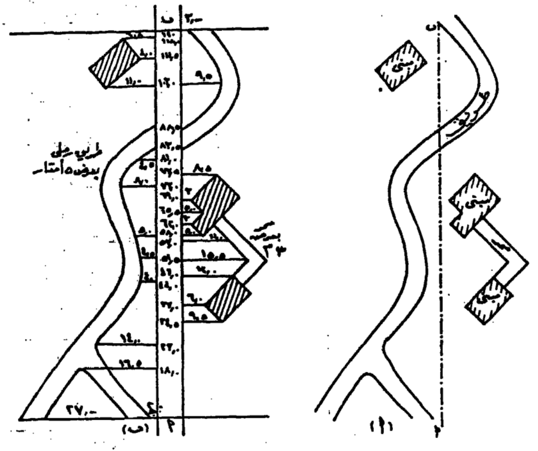


شكل رقم (٧٢)

ويراعى عند تدوين الأرصاد فى دفتر الغيط أن يرمز لموقع النقطة التى تحدد بداية الخط بدائرة فى وسطها نقطة ويكتب أسفلها إسم النقطة أو رقمها، ويكون ذلك فى أسفل الصفحة. وعند الوصول إلى نهاية الخط يكتب طوله فى داخل دائرة لتميزه عن الأرصاد الأخرى ويكتب أعلى الدائرة إسم النقطة التى انتهينا إليها ويرسم خطاً أفقياً بعرض الصفحة كلها. والشكل رقم (٧٣ – أ) يوضح خط جنزير فى الطبيعة

تم رفعه بالجنزير بينما يوضح الشكل رقم (٧٣ – ب) نفس هذا الخط كما يبدو في دفتر الغيط مدوناً عليه الأرصاد الخاصة بالأحداثيات الأفقية والرأسية للظاهرات التى تم رفعها على جانبيه.

وعادة مايقابل المساح أثناء قيامه بالرفع بالجنزير العديد من المبانى والمنشآت التى يستلزم الأمر رفعها. فيقوم بتسجيل أبعاد واجهاتها على الكروكيات الخاصة بها ثم يعين موقع المبنى بالنسبة لخط الجنزير بطرق متعددة أهمها مايلى :



شكل رقم (٧٣)

أ – ترفع إحدى واجهات المبنى مثل الواجهة أ ب بالنسبة لخط الجنزير، وذلك بإنشاء خطى ربط لكل من أ ، ب كما هو مبين فى الشكل رقم (٧٤) للمبنى رقم ١ . حيث قيس بعد كل من أ ، ب عند قراءتين معلومتين على خط الجنزير. وتسمى هذه الطريقة بالتحشية المثلثية. ذلك أن موقع

النقطة أ يمكن تعيينه على اللوحة بالنسبة لخط الجنزير بمعلومية أطوال أضلاع المثلث أ جـ د . كذلك يمكن تعيين موقع النقطة ب بمعلومية أطوال أضلاع المثلث ب جـ د . وبعد تعيين الواجهة أ ب يمكن توقيع باقي واجهات المبنى طبقاً للأبعاد التى سبق تسجيلها على الكروكى الخاص به.

ب - إذا كان المبنى قريباً من خط الجنزير، وكان أحد جوانبه طويلاً مثل الواجهة د جـ كما فى المبنى رقم ٢ بالشكل رقم (٧٤). يقوم المساح بتعيين موقع تقاطع إمتداد الواجهة د جـ على خط الجنزير أى موقع النقطة س. ثم تقاس المسافة جـ س. كذلك الحال بالنسبة للواجهة جـ هـ حيث يكون إمتدادها عند النقطة ص على خط الجنزير وبتوقيع الطولين جـ س، جـ ص تتحدد نقطة جـ والواجهتين جـ د ، جـ هـ ثم توقع باقى واجهات المبنى.

شكل رقم (٧٤)

ملاحظات على قياس الأضلاع والتحشية:

* ينبغى أن يقوم المساح بإنشاء خطوط إضافية لتحقيق العمل، حتى إذا حدث خطأ فى قياس ضلع من الأضلاع يمكنه إكتشاف هذا الخطأ، وذلك فى حالة ما إذا كان المضلع أو هيكل المنطقة غير المثلثات. وخطوط التحقيق عبارة عن بعض الخطوط الإضافية زيادة عن الحاجة الضرورية لرسم المضلع أو الهيكل. فمثلاً يمكن رسم أى شكل رباعى الأضلاع بمعلومية أطوال أضلاعه بالإضافة

إلى طول أحد قطريه. فإذا تم قياس القطر الثانى كان للتحقيق ويمكن المقارنة بين طوله المقاس على الطبيعة والطول الناتج من الرسم. هذا فضلاً عن أن خطوط التحقيق يمكن إستخدامها كخطوط جنزير إضافية تحشى عليها التفاصيل التى لايمكن تحشيتها على الأضلاع الرئيسية. والشكل رقم (٧٥) يبين أمثلة لبعض خطوط التحقيق.





شكل رقم (٧٥)

* العمل المنظم وطريقة تنفيذه تساعد كثيراً على إتمام عملية الرفع بدقة. لذلك تؤخذ خطوط التحشية حسب ترتيبها فى إتجاه القياس وتؤخذ عند كل تغير محسوس فى إتجاه الحدود التى يتم رفعها سواء كانت هذه الحدود واجهات مبانى أو أسوار ... إلخ. إذ أن الإسراف فى توقيع خطوط التحشية لاتزيد شيئاً من الدقة.

* مقياس الرسم الذى يستخدم فى رسم الخريطة يحدد مدى الدقة التى يمكن الإلتجاء إليها فى القياس والرسم للظاهرات الموجودة فى المنطقة. ولاداعى لأخذ تفاصيل لايسمح مقياس الرسم المستخدم ببيانها. فمثلاً إذا كان مقياس الرسم ١ : ٢٠٠ ، فيمكن قراءة الجنزير لأقرب ٥ سم لأنها تساوى على اللوحة طبقاً لهذا المقياس ٠,٢٥ ملليمتر. أما خريطة مقياسها ١ : ٥٠٠ فيمكن أخذ الأبعاد لغاية نصف عقلة (أو ١٠ سم) لأن هذا البعد يساوى ٠,٢ ملليمتر على اللوحة أى سمك القلم تقريباً وهكذا.

٤ - رسم الخريطة :

بعد الإنتهاء من رفع المنطقة، تأتى بعد ذلك مرحلة العمل المكتبى وتتمثل

فى رسم اللوحة أو الخريطة من واقع الأرصاد التى تم تسجيلها فى دفتر الغيط.
ولإنشاء خريطة للمنطقة التى تم رفعها تتبع الخطوات التالية:

أ - ينتخب مقياس رسم يتناسب مع أبعاد اللوحة التى ستوقع عليها الأرصاد المسجلة، وذلك إذا لم يكن هناك التزام بمقياس رسم معين. ويراعى أن يتناسب هذا المقياس مع مساحة المنطقة التى تم رفعها كما يتناسب مع الأبعاد التى تم قياسها وتسجيلها فى دفتر الغيط وملائماً للدقة المطلوبة. ويحسن رسم مقياس رسم خطى أو شبكى تبعاً للدقة المطلوبة فى أحد أركان اللوحة وذلك لقياس الأرصاد عليها بدلاً من تحويل هذه الأرصاد تبعاً لمقياس الرسم النسبى أو الكسرى حسابياً.

ب - يرسم المضلع الأساسى أولاً، مع مراعاة البدء برسم أطول خط كقاعدة فى مكان مناسب من اللوحة يسمح برسم باقى الخطوط والتفاصيل. ثم تعين مواقع النقط الأخرى برسم مثلث بعد آخر، بعد تحويل أطوال الأضلاع إلى مايقابلها على اللوحة طبقاً لمقياس الرسم. وقبل البدء فى توقيع التحشية على الهيكل، يجب التحقق من صحة هذا الهيكل بقياس خطوط التحقيق ومقارنتها بأطوالها المقاسة فى الطبيعة.

جـ - توقع التحشية التى يتم تسجيلها على خطوط الجنزير فى دفتر الغيط بأن تعين كل نقطة بإحداثيها الرأسى ثم الأفقى. مع مراعاة موقعها بالنسبة لخط الجنزير على يمينه أو يساره طبقاً لاتجاه الخط. ويتم توصيل هذه النقط وفق الكروكى المرسوم لكل خط جنزير فى دفتر الغيط ومقارنة ذلك بالكروكى الخاص للمنطقة. وبذلك يتم إنشاء خريطة تفصيلية للمنطقة بمقياس رسم دقيق.

د - تحبر الخريطة بعد ذلك وتمسح خطوط المضلع وخطوط التحشية. وفى بعض الأحيان تحبر خطوط المضلع باللون الأحمر وتوضح بقية المعالم كالمبانى والشوارع والحدائق والمجارى المائية والكبارى وفقاً للعلامات الإصطلاحية والرموز الخاصة بكل منها.

العقبات والعمليات التى يمكن إجراؤها بالجنزير

١ - خطأ طول الجنزير المستخدم:

فى بعض الأحيان، قد يكون طول الجنزير المستخدم غير مضبوط، بمعنى أن يكون طوله الحقيقى (الفعلى) مخالفاً للطول الإسمى له والمدون على مقبضه. ويرجع ذلك إلى أسباب مختلفة منها إنثناء بعض العقل أثناء الإستخدام، أو فقد إحداها فى بعض الأحيان، أو تمدد الحلقات نتيجة للشد أثناء القياس، بالإضافة إلى إختلاف درجات الحرارة.

وفى مثل هذه الحالات يتم القياس على أساس الطول الإسمى للجنزير، ويسمى الطول الناتج فى هذه الحالة «بالمسافة المقاسة». ولحساب الطول الحقيقى تستخدم المعادلة الآتية :

$$\text{المسافة الحقيقية} = \frac{\text{المسافة المقاسة} \times \text{الطول الحقيقى للجنزير}}{\text{الطول الإسمى للجنزير}}$$

مثال :

استخدم جنزير به خطأ قدرة – ٨ سم فى قياس مسافة بين هدفين فكان طولها ٦٤,٥٠ متراً، فما الطول الحقيقى لهذه المسافة ؟

الطول الحقيقى للجنزير = ٢٠,٠٠ – ٠,٠٨ = ١٩,٩٢ متراً

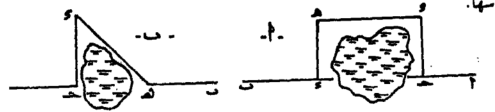
$$\therefore \text{الطول الحقيقى للمسافة} = \frac{١٩,٩٢ \times ٦٤,٥٠}{٢٠,٠٠} = ٦٤,٢٤ \text{ متراً}$$

ملاحظة :

فى هذا المثال لم يذكر الطول الإسمى للجنزير. ولذلك اعتبرناه يساوى ٢٠ متراً لأن ذلك هو الطول الشائع لمعظم أنواع الجنزير المستخدم فى عمليات المساحة.

٢ - إذا اعترض مانع سلبى قياس خط الجنزير :

إذا كان المطلوب قياس الخط أ ب شكل رقم (٧٦ - أ) والذى تعترضه بركة تعوق القياس ولكنها لاتمنع الرؤية. لذلك نقيم على الخط أ ب العمودين جـ د ، و هـ بحيث يتجاوز طولهما عرض البركة ويراعى أن يكون طولهما متساويان. ثم نقيس المسافة د هـ والتى تساوى جـ د التى حالت البركة دون قياسها.



شكل رقم (٧٦)

طريقة أخرى شكل رقم (٧٦ - ب) :

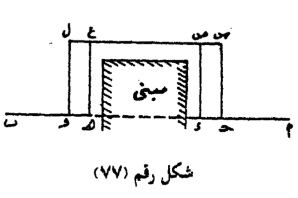
من نقطة جـ على خط الجنزير أ ب نقيم العمود جـ د ويقاس طوله، ثم نصل د بنقطة مناسبة على خط الجنزير ولتكن هـ ويقاس طوله.

فيكون طول المسافة جـ هـ التى لايمكن قياسها مباشرة.

$$= \sqrt{(\text{د هـ})^2 - (\text{د جـ})^2}$$

٣ - إذا اعترض مانع إيجابى القياس والتوجيه :

وتستخدم هذه الطريقة إذا كان المطلوب قياس طول خط تعترضه مبان تمنع رؤية الطرف الآخر من الخط كما تمنع القياس المباشر بين الطرفين. فى هذه الحالة نقيم العمودين المتساويين جـ س ، د



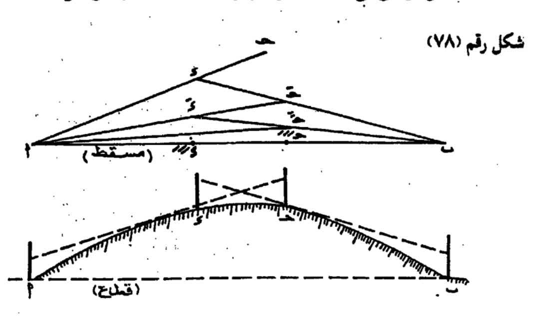
شكل رقم (٧٧)

ص على الخط أ د، شكل رقم (٧٧). ومن نقطتى س ، ص نقيم خطاً على إمتدادهما فى إتجاه الطرف الآخر، ونعين عليه نقطتى ع ،ل. ومن نقطتى ع ، ل نقيم عمودين طولهما يساوى طول العمودين جـ س ، د ص ، فنعين بذلك نقطتى هـ ، و . نصل بينهما ونمد خطاً فنجد أنه ينتهى إلى نقطة ب أو بالقرب منها إذا لم يكن التوجيه دقيقاً. ويصبح طول أ ب = طول أ د + طول ص ع + طول هـ ب.

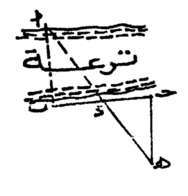
٤ – إذا اعترض مانع إيجابى التوجيه فقط :

نفرض أن أ ب شكل رقم (٧٨) – هو الخط المطلوب قياسه وبينهما تل مرتفع يحجب الرؤية بينهما. لذلك نختار النقطة جـ والتى منها يمكن رؤية الشاخص فى أ ، ونوجه نحو أ ونضع شاخصاً على خط النظر جـ أ وليكن فى نقطة د . ثم نقف فى نقطة د ونتوجه نحو الشاخص فى نقطة ب ونضع الشاخص (الموجود فى نقطة جـ) عند جـَ على خط النظر د ب. ونعود إلى نقطة جـَ ونوجه نحو أ وننقل الشاخص من د إلى نقطة دَ على خط النظر جـَ أ. ونكرر هذا العمل عدة مرات حتى تصبح نقطتى جـً، دً على إستقامة الخط أ ب. ثم نبدأ بعد ذلك القياس مراعين فى ذلك إنحدار الأرض كما سبق أن أشرنا من قبل.

شكل رقم (٧٨)



٥ - قياس عرض مجرى مائى (ترعة) :



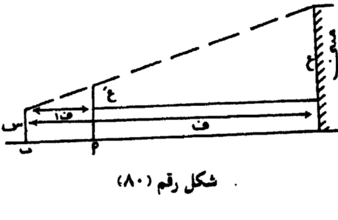
شكل رقم (٧٩)

لقياس عرض الترعة أب شكل رقم (٧٩) يجرى الآتى :

نركز بالمثلث المساح فوق نقطة ب ونقيم العمود ب جـ على الخط أ ب. ثم ننصف المسافة ب جـ فى نقطة د ونضع فيها شاخصاً. نقف بالمثلث المساح فى نقطة جـ ونقيم العمود جـ هـ على الخط جـ ب. وعلى التابع الذى سيحدد نقطة هـ مراعاة التوجيه على الشاخص الموجود فى د بحيث يخفى الهدف الموجود فى أ، فينشأ لدينا المثلثان المتساويان د ب أ ، دجـ هـ ويكون طول أ ب = طول جـ هـ الذى يمكن قياسه مباشرة.

٦ - تقدير إرتفاع مبنى :

نضع شاخصاً فى نقطة أ وعلى بعد مناسب من المبنى المطلوب تقدير إرتفاعه. ثم نضع شاخصاً آخر أصغر طولاً وليكن فى نقطة ب ، مع مراعاة أن يكون خط النظر بين قمته وقمة الشاخص السابق والحافة العليا للمبنى على إستقامة واحدة. تقاس المسافة بين الشاخص الموجود فى نقطة ب والمبنى ولتكن ف وكذلك المسافة بين الشاخصين ولتكن $ف_١$ وكذلك نقيس إرتفاع الشاخصين شكل رقم (٨٠).



شكل رقم (٨٠)

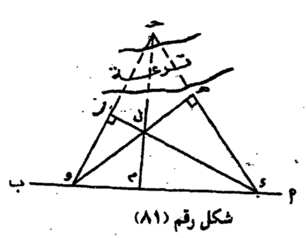
فيكون إرتفاع المبنى (ع) =

$$\frac{\text{الفرق بين طول الشاخصين} \times ف}{ف_١}$$

+ طول الشاخص الأصغر

$$أو\ ع = \frac{عَ \times ف}{ف_١} + س$$

٧ – إسقاط عمود من نقطة لايمكن الوصول إليها :



شكل رقم (٨١)

نفرض أننا نريد إسقاط عمود من نقطة جـ التى لايمكن الوصول إليها، على خط الجنزير أ ب . نقف فى نقطة د ونوجه نحو جـ ونضع شاخصاً فى نقطة هـ على الإتجاه دجـ. ومن نقطة هـ نقيم العمود هـ و. وعلى التابع أن يراعى أن تكون نقطة و على الخط أ ب. ثم نسير على الإتجاه وجـ محاولين إسقاط عمود من نقطة د. عليه حتى نصل إلى نقطة ز (مسقط العمود)، فيلتقى العمودان هـ و ، ز د فى نقطة ل التى يمكن منها إسقاط العمود ل م . وبذلك نعين مسقط جـ على الخط أ ب شكل رقم (٨١) وتعتمد هذه الطريقة على النظرية الهندسية التى تثبت أن الأعمدة النازلة من رؤوس المثلث على أضلاعه المقابلة لهذه الرؤوس تتلاقى كلها فى نقطة واحدة.

أمثلة وتمارين

(أ) عدم دقة طول الجنزير :

قيس خط بجنزير به خطأ قدره –٨ سم فكان طوله ٩ طرحات ، علامة ذات ثلاثة أسنان بعد المنتصف، ٦ عقلات فما هو الطول الحقيقى لهذا الخط ؟

طريقة الإجابة:

طول الطرحة هو طول الجنزير الإسمى = ٢٠ متراً × ٩ = ١٨٠ متر

والعلامة بثلاثة أسنان بعد المنتصف = ٢٠– (٣ × ٢) = ١٤١ متر

وطول العقلة، كما هو شائع = ٢٠ سم × ٦ = ١,٢ متر

فيكون طول الخط = مجموع العناصر السابقة = ١٩٥,٢متر

، الطول الحقيقى للجنزيـــر = ٢٠ - ٠,٠٨ = ١٩,٩٢ متر

∴ الطول الحقيقى لهذا الخط = = ١٩٤,٤٢ متر

(ب) عدم أفقية الأرض وإنحدارها:

عند القياس بالجنزير على أرض مائلة أو منحدرة، يراعى أن يكون خط الجنزير أفقياً بقدر المستطاع، لأن الأطوال التى توقع على الخرائط واللوحات هى الأطوال الأفـقيـة وليـست المائلة وفى هذا المثـال يجب تحـويل هذا الطول المائل إلى طول أفقي، ويمكن إستخدام قانون فيثاغورث للمثلث القائم الزاوية لهذا الغرض. أو استخدام القانون التقريبى الذى سبق ذكره.

مثال :

قيس خط على أرض منحدرة بانتظام بين نقطتى أ ، ب فإذا كان منسوب نقطة أ ٣٧ متراً ومنسوب نقطة ب ٢٢ متراً، وكان طول هذا الخط ١٢٠ متراً، فما طول المسافة الأفقية بين هاتين النقطتين ؟

طريقة الإجابة:

أ - بطريقة قانون فيثاغورث:

$$\text{المسافة الأفقية} = \sqrt{(\text{المسافة المقاسة على المائل})^{2} - (\text{الإرتفاع})^{2}}$$

$$ف = \sqrt{م^{2} - ع^{2}}$$

وفى هذا المثال :

$$ع = ٣٧ - ٢٢ = ١٥ \text{ متراً}$$

$$\therefore ف = \sqrt{(١٢٠)^{2} - (١٥)^{2}}$$

$$= \sqrt{١٤٤٠٠ - ٢٢٥}$$

$$= ١١٩,٠٥٨٨ \text{ متر} = ١١٩,٠٦ \text{ متر}$$

(ب) بالطريقة التقريبية :

$$\text{الخطأ} = \frac{\text{ع}^{٢}}{\text{٢ م}} = \frac{٢٢٥}{٢٤٠} = ٠{,}٩٣٧٥ \text{ متر}$$

$$\therefore ١٢٠ - ٠{,}٩٣٧٥ = ١١٩{,}٠٦٢٥ \approx ١١٩{,}٠٦ \text{ متر}$$

مثال آخر :

عند قياس خط على منحدر يميل بمقدار ٤ درجات عن المستوى الأفقي، وجد أن طوله ٧٥ متراً. فما هي المسافة الأفقية لهذا الخط؟

طريقة الإجابة:

يمكن إستخدام القانون : ف = م جتا هـ

حيث ف = المسافة الأفقية ، م = المسافة المائلة ، هـ = زاوية الميل

$$\therefore \text{ف} = ٧٥ \times ٠{,}٩٩٧٦ = ٧٤.٨٢ \text{ متر}$$

ولكن يلاحظ في هذا القانون الإضطرار إلى إستعمال جداول النسب المثلثية حتى يمكن إيجاد جيب تمام زاوية الميل ولهذا إستعيض عنه بالقانون الآتي الذي يمكن إستخدامه بسهولة بدون الجداول.

$$\text{مقدار الخطأ} = ٠{,}٠٠٠١٥ \times \text{م} \times \text{هـ}^{٢}$$

ومقدار الخطأ هو الفرق بين المسافة المقاسة على المائل (م) والمسافة الأفقية (ف)، هـ زاوية الميل ، ٠,٠٠٠١٥ مقدار ثابت.

ومن ثم يمكن حل هذا المثال، على الوجه التالي :

$$\text{مقدار الخطأ} = ٠{,}٠٠٠١٥ \times ٧٥ \times ٤^{٢} = ٠{,}١٨ \text{ متر}$$

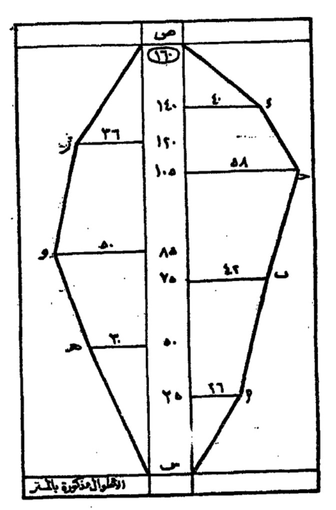
$$\therefore \text{المسافة الأفقية} = \text{المسافة المقاسة على المائل} - \text{مقدار الخطأ}$$

$$= ٧٥ - ٠{,}١٨ = ٧٤{,}٨٢ \text{ متر}$$

وهي نفس النتيجة السابقة.

(ب) التحشية على خط جنزير واحد:

تم رفع قطعة أرض بخط جنزير س ص فكانت الإحداثيات الموجودة بصحيفة دفتر الغيط كما في الشكل الآتي (رقم ٨٢). والمطلوب توقيع حدود هذه الأرض بمقياس رسم ١ : ١٥٠٠ وحساب مساحتها بالأمتار المربعة.



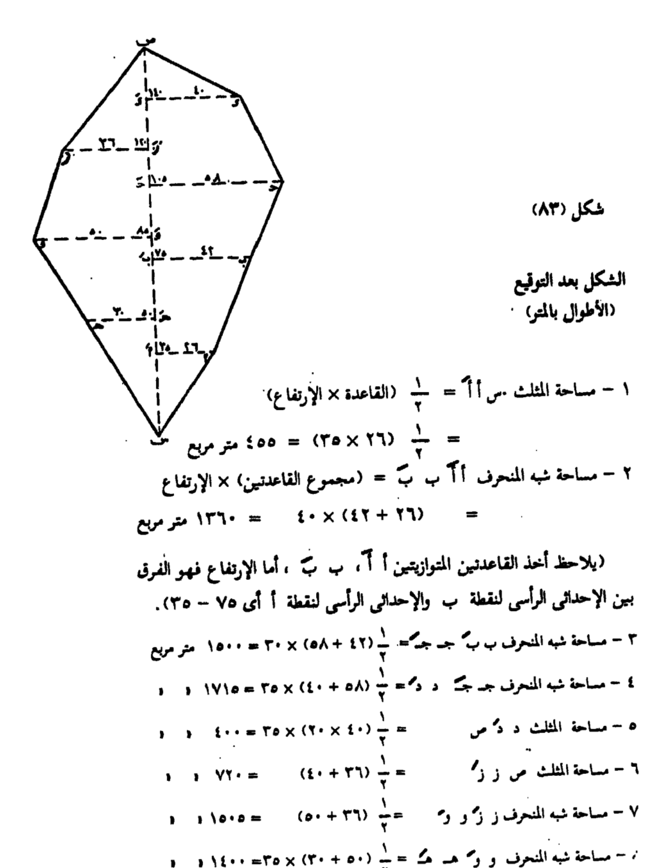
شكل (٨٢)

صحيفة دفتر الغيط

طريقة الإجابة:

نقوم برسم الخط س ص وطوله ١٦٠ متراً طبقاً لمقياس الرسم المطلوب ثم نرسم الاحداثيات الأفقية حسب الأبعاد المبينة أمام كل منها، سواء الأبعاد الرأسية عن أول خط الجنزير (س) ، وهي المذكورة في العمود الأوسط من صحيفة دفتر الغيط، أو الأبعاد الأفقية (الإحداثيات) حسب ماهو مذكور عليها. ويراعى أن تكون على الجانب الأيسر أو الأيمن لخط الجنزير طبقاً لما هو مبين بدفتر الغيط. ثم نصل بين نهايات هذه الإحداثيات ، فنحصل بذلك على شكل قطعة الأرض كما في الشكل (٨٣).

ولإيجاد مساحة هذه الأرض : نلاحظ أنها مقسمة إلى أشكال هندسية بعضها مثلثات والبعض الآخر أشباه منحرفات، فنحسب مساحة كل شكل على حدة.



شكل (٨٣)

الشكل بعد التوقيع
(الأطوال بالمتر)

١ – مساحة المثلث س أ أَ = $\frac{1}{2}$ (القاعدة × الإرتفاع)

= $\frac{1}{2}$ (٢٦ × ٣٥) = ٤٥٥ متر مربع

٢ – مساحة شبه المنحرف أ أَ ب بَ = (مجموع القاعدتين) × الإرتفاع

= (٢٦ + ٤٢) × ٤٠ = ١٣٦٠ متر مربع

(يلاحظ أخذ القاعدتين المتوازيتين أ أَ، ب بَ ، أما الإرتفاع فهو الفرق بين الإحداثى الرأسى لنقطة ب والإحداثى الرأسى لنقطة أ أى ٧٥ – ٣٥).

٣ – مساحة شبه المنحرف ب بَ جـ جـَ = $\frac{1}{2}$ (٤٢ + ٥٨) × ٣٠ = ١٥٠٠ متر مربع

٤ – مساحة شبه المنحرف جـ جـَ د دَ = $\frac{1}{2}$ (٥٨ + ٤٠) × ٣٥ = ١٧١٥ » »

٥ – مساحة المثلث د دَ ص = $\frac{1}{2}$ (٤٠ × ٢٠) × ٣٥ = ٤٠٠ » »

٦ – مساحة المثلث ص ز زَ = $\frac{1}{2}$ (٣٦ + ٤٠) = ٧٢٠ » »

٧ – مساحة شبه المنحرف ز زَ و وَ = $\frac{1}{2}$ (٣٦ + ٥٠) = ١٥٠٥ » »

٨ – مساحة شبه المنحرف و وَ هـ هـَ = $\frac{1}{2}$ (٥٠ + ٣٠) × ٣٥ = ١٤٠٠ » »

٩ – مساحة المثلث هـ هـَ س = $\frac{1}{2}$ (٣٠ × ٥٠) = ٧٥٠ » »

ومجموع هذه المساحات تكوّن المساحة الكلية لقطعة الأرض = ٩٨٠٥ متر مربع

(جـ) الترافيرس بالجنزير:

الآتى عبارة عن صحيفة غيط (شكل ٨٤) لمنطقة رفعت بالجنزير مع كروكى للمضلع واتجاهات القياس. والمطلوب رسم هذه المنطقة من واقع الأرصاد المبينة بدفتر الغيط بمقياس رسم ١ : ٧٥٠.

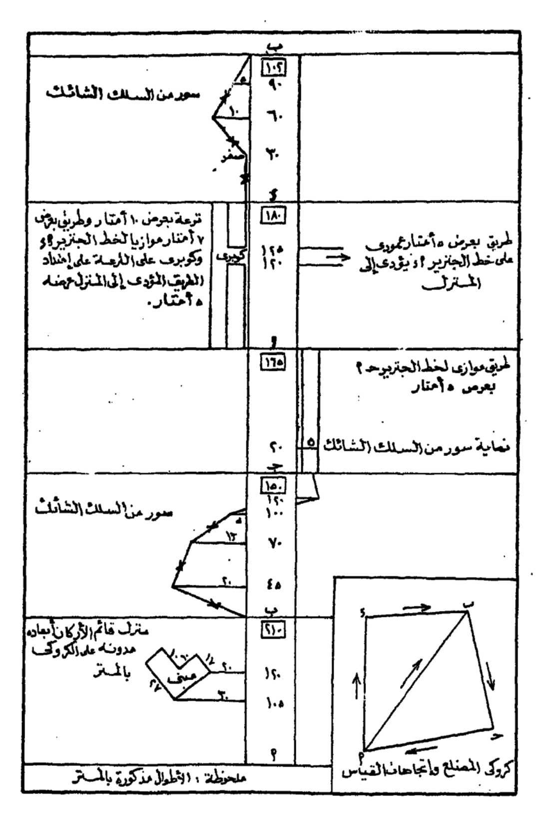
طريقة الإجابة:

نبدأ أولاً برسم مقياس خطى يقيس إلى أصغر طول موجود فى صحيفة دفتر الغيط، وذلك بفحص الأرقام الدالة على الأطوال سواء الرأسية (مابين خطى دفتر الغيط) أو الأفقية (البعد بين الظواهر الموقعة وخط الجنزير) فنجد أن هناك أرقاماً هى : ٥ ، ١٠ ، ١٥ ، ١٧ ، ... وعلى هذا فيجب أن تكون دقة مقياس الرسم الخطى تصل إلى المتر الواحد. والغرض من ذلك أنه يمكننا فى هذه الحالة إيجاد الأطوال مباشرة عن طريق هذا المقياس. وفى حالة تعذر رسم مقياس خطى يبين الدقة المطلوبة نلجأ إلى رسم مقياس شبكى (راجع فى ذلك طريقة رسم المقاييس الخطية والشبكية).

ثم لرسم المضلع الأساسى، يتضح من الكروكى أنه عبارة عن مثلثين هما المثلث أ ب جـ ، والمثلث أ ب د . ويمكن رسمهما وذلك بتوقيع الضلع المشترك بينهما وهو أ ب حسب مقياس الرسم (= ٢٨سم) ثم نركز فى نقطة ب بسن البرجل ونفتحه فتحة تساوى طول الضلع ب جـ حسب مقياس الرسم (= ٢٠ سم) ونرسم قوساً ثم نركز فى نقطة أ ونفتح البرجل فتحة تساوى الضلع أ جـ حسب مقياس الرسم (= ٢٢سم) ونرسم قوساً يقطع القوس السابق فى نقطة فتكون هى نقطة جـ.

وبنفس الطريقة تعين النقطة د من الجهة الأخرى للضلع أ ب.

ثم نرسم الأطوال أ جـ ، ب جـ ، أ د ، ب د وبذلك نكون قد وقعنا المضلع الأساسى لهذا التمرين. ونبدأ بعد ذلك فى تحشية كل خط من خطوط المضلع من واقع الأرصاد المبينة فى دفتر الغيط.



شكل رقم (٨٤) صحيفة دفتر الغيط

(أ) تحشية خط الجنزير أ ب :

بعد طول يساوى ١٠٥ أمتار (أى ١٤ سم حسب مقياس الرسم) من نقطة أ ، نرسم بعداً أفقياً عمودياً على الخط أ ب قدره ٣٠ متراً (أى ٤ سم حسب مقياس الرسم) نحو الجهة اليسرى كما هو الحال فى دفتر الغيط، فتكون نهاية هذا البعد الأفقى ركن المبنى.

ثم بعد ١٢٠ متراً من نقطة أ (أى ١٦ سم حسب مقياس الرسم) نرسم بعداً أفقياً عمودياً على الخط أ ب قدره ١٠ أمتار (ويمكن قياس هذا البعد بالبرجل من مقياس الرسم الشبكى مباشرة) نحو الجهة اليسرى من الخط أ ب فيتحدد نهاية هذا البعد الأفقى ركن المبنى الثانى.

ومن الملاحظة الموجودة أمام الضلع أ ب بصحيفة دفتر الغيط، نستطيع أن نرسم المبنى طبقاً للأبعاد المبينة عليه عن طريق قياس هذه الأبعاد على مقياس الرسم الشبكى مباشرة.

(ب) بعد ذلك ننتقل للضلع (أو خط الجنزير) ب جـ وهو التالى فى دفتر الغيط كما يتضح من الكروكى، وتتم تحشيته على الوجه التالى:

بعد ٤٥ متراً من النقطة ب (أى ٦ سم) [(١)] نرسم بعداً أفقياً عمودياً على الخط ب جـ من الناحية اليسرى له قدره ٢٠ متراً فنكون بذلك قد عينا حافة السور فى هذه النقطة.

ثم بعد ٧٠ متراً من النقطة ب ، نرسم بعداً أفقياً عمودياً على الخط ب جـ جهة اليسار قدره ١٥ متراً فتعين نهاية هذا البعد حافة السور فى هذا المكان.

وبعد ١٠٠ متر من النقطة ب ، نرسم بعداً أفقياً عمودياً على الخط ب جـ طوله ٥ أمتار فى نفس الجهة اليسرى طبقاً لصحيفة الغيط، فتتعين بذلك حافة السور فى هذا المكان.

وبعد ١٢٠ متراً من نقطة ب نقيم عموداً على الخط ب جـ فى جهته اليمنى طوله ١٥ متراً فتحدد بذلك حافة السور فى هذا الجزء.

---

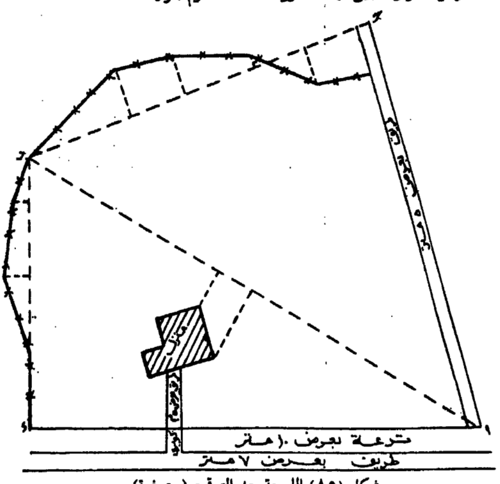
(١) منعاً لتكرار تحويل الأبعاد إلى سنتيمترات طبقاً لمقياس الرسم، وللإستفادة من المقياس الشبكى الذى رسمناه قبل حل التمرين وعن طريقه يمكن إيجاد أطوال الأبعاد بالبرجل مباشرة فسنذكر الأطوال فيما بعد طبقاً لأطوالها بالمتر على الطبيعة.

نصل بين نقطة ب ونهايات خطوط التحشية العمودية على الخط ب جـ وأول الطريق (طبقاً للإحداثى الموجود على الضلع أ جـ) بخط متصل عليه دلالة السور الشائك طبقاً للإصطلاحات الدالة على الظاهرات الطبوغرافية المختلفة.

(جـ) تحشية خط الجنزير جـ أ :

بالرجوع إلى دفتر الغيط نجد أن خط الجنزير جـ أ لم تؤخذ عليه إحداثيات أفقية لظاهرات أخرى، وإنما يوجد طريق فى جهته اليمنى مواز له، وهذا الطريق بعرض خمسة أمتار. فنقوم بتوقيع بعد أفقى قدره ٥ أمتار على يمين خط الجنزير جـ أ وعمودياً عليه، ثم نرسم خطاً آخر من نهاية هذا البعد موازياً للخط جـ أ لبيان عرض الطريق.

كما أنه على بعد ٢٠ متراً من نقطة جـ إحداثى أفقى قدره خمسة أمتار (أى عرض الطريق) تبين نهاية السور الشائك، فنقوم بتوقيعه.



شكل (٨٥) اللوحة بعد التوقيع (مصغرة)

(د) تحشية خط الجنزير أ د :

يتضح من دفتر الغيط، أنه على يسار هذا الخط تمتد ترعة موازية له بعرض عشرة أمتار يليها يساراً طريق بعرض سبعة أمتار.

ولتوقيع هاتين الظاهرتين نقوم برسم بعد أفقي عمودى على الجهة اليسرى للخط أ د طوله عشرة أمتار وبعد آخر عمودى على نفس الخط أ د، وعلى نفس الجانب الأيسر له، طوله ١٧ متراً. ومن نهايتى هذين البعدين نمد خطين موازيين لخط الجنزير أ د فنكون بذلك قد حددنا عرض الترعة وعرض الطريق ثم تلون الترعة والطريق بالألوان الدالة عليهما (الأزرق للترعة والأحمر للطريق).

إلا أنه يوجد على بعد ١٢٠ متراً من أ إحداثى أفقى طوله صفر ليبين فى الجهة اليمنى للخط أ د حافة طريق يؤدى إلى المنزل، ومن جهته اليسرى حافة كوبرى على الترعة أمام هذا الطريق، فنقوم برسم هاتين الحافتين. ونفس العمل نجده يتكرر بعد ١٢٥ متراً من أ، إذ يوجد إحداثى أفقى طوله صفر أيضاً ليبين الحافة الأخرى للطريق السابق ذكره المؤدى إلى المنزل والحافة الثانية للكوبرى. فإذا أوجدنا الفرق بين هذين الأحداثيين نجد أن عرض الطريق والكوبرى خمسة أمتار.

(هـ) تحشية خط الجنزير د ب :

نبدأ القياس من د ، فبعد ٣٠ متراً منها نجد إحداثياً أفقياً قدره صفراً يبين موقع السور الشائك بالنسبة لخط الجنزير. ومعنى ذلك، كما هو واضح من دفتر الغيط، أن السور الشائك يمتد ملاصقاً لخط الجنزير من نقطة د حتى مسافة ٣٠ متراً.

وبعد ٦٠ متراً من نقطة د نأخذ بعداً أفقياً عمودياً على الخط د ب وعلى جانبه الأيسر قدره ١٠ أمتار فنحدد نهاية هذا البعد حافة السور فى هذا المكان.

وبعد ٩٠ متراً من نقطة د نأخذ بعداً عمودياً على الخط د ب قدره ٥ أمتار وعلى جانبه الأيسر لتبين نهايته موقع السور فى هذا المكان.

ثم نقوم بتوصيل نقطة د بنهايات الإحداثيات السابق إقامتها على الخط د ب ثم بنقطة ب فنعين بذلك إمتداد سور السلك الشائك فى هذا الجزء.

والشكل رقم (٨٥) يوضح شكل اللوحة بعد التوقيع.

وكقاعدة عامة يراعى عند تحشية خطوط الجنزير ما يأتى :

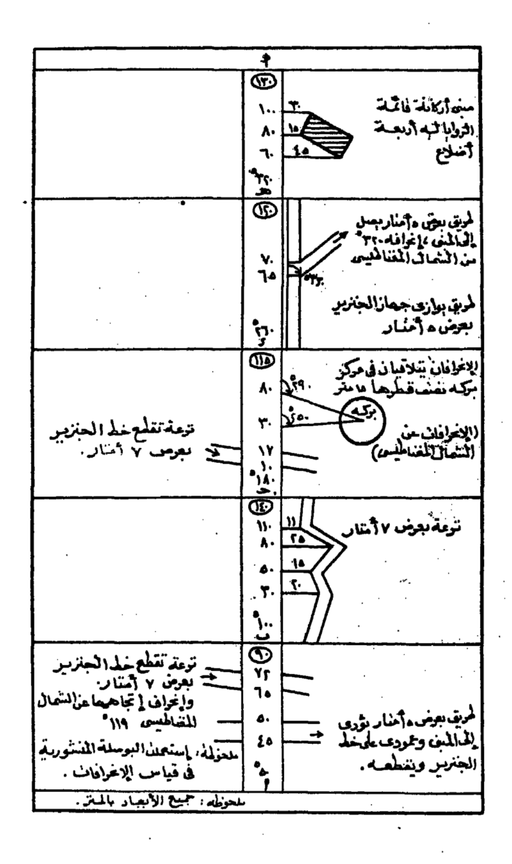
* أن جميع القياسات تبدأ دائماً من أول خط الجنزير وعلى يساره أو يمينه تبعاً لما هو مبين بدفتر الغيط.
* أن جميع الإحداثيات الأفقية بالنسبة لكل خط جنزير عمودية على خط الجنزير.
* أن ترسم جميع خطوط الجنزير (الأضلاع) وخطوط التحشية (الإحداثيات الأفقية) بخطوط خفيفة حتى يمكن إزالتها بعد إتمام رسم المنطقة.
* إذا اضطر الفرد إلى كتابة أى أبعاد على دفتر الغيط أو لوحة الرسم، فيجب أن تكون هذه الأبعاد طبقاً لطولها الحقيقى على الطبيعة، أى تكتب بالمتر وليس حسب مقياس الرسم.

(د) ترافيرس بالجنزير والبوصلة:

الشكل الآتى (رقم ٨٦) عبارة عن صحيفة من دفتر غيط لمنطقة ما رفعت بالجنزير وقيست إنحرافات أضلاع المضلع عن الشمال المغناطيسى بواسطة البوصلة المنشورية. والمطلوب رسم هذه المنطقة بمقياس ١ : ٦٠٠.

طريقة الإجابة :

هذا المثال يختلف عن المثال السابق، إذ أنه عبارة عن شكل خماسى، كما هو واضح من دفتر الغيط إذ أن الأرصاد تبدأ بالضلع أ ب ثم الضلع ب جـ ثم جـ د ثم دهـ ثم هـ أ . ويطلق على مثل هذا المضلع «ترافيرس مقفل». إذ أن



شكل رقم (٨٦) صحيفة دفتر الغيط

نقطـة البداية هـى نقطة النهاية (نقطة أ). ومثل هذا النوع من التمارين معرض لخطـأ يطلق عليـه « خطأ القـفل » أى أن نقطة أ التى تصل إليـهـا فى نهـاية صحيـفـة دفتر الغيط لاتنطبق علـى نقطة أ السـابق توقيعها عند بداية حل التمرين.

ولحل مثل هذا التمرين نبدأ أولاً برسم مقياس خطى أو شبكى حتى يمكن قياس أصغر الأطوال، وهو المتر الواحد، مباشرة.

ولرسم المضلع نختار مكاناً مناسباً للنقطة أ بالنسبة للوحة التى سيرسم عليها المضلع، ونرسم خطاً يمثل إتجاه الشمال المغناطيسى من النقطة أ. ولرسم الضلع أ ب نثبت مركز المنقلة على النقطة أ وصفرها على إتجاه الشمال المغناطيسى، بحيث يكون إتجاه تدريج المنقلة مع إتجاه عقرب الساعة مبتدئاً من إتجاه الشمال المغناطيسى ثم نقيس زاوية قدرها ٥٠° وبذلك نكون قد حددنا إتجاه الضلع أ ب ثم نقيس بعداً على هذا الإتجاه قدره ٩٠ متراً طبقاً لمقياس الرسم المطلوب. فتكون نهاية هذا البعد هى نقطة ب .

ومن نقطة ب نرسم خطاً يمثل إتجاه الشمال المغناطيسى ويراعى أن يكون موازياً لاتجاه الشمال المغناطيسى السابق رسمه من نقطة أ ، وبنفس الطريقة السابقة نحدد إتجاه الضلع ب جـ الذى ينحرف عن الشمال المغناطيسى بزاوية قدرها ١٠٠° ثم نحدد على هذا الإتجاه طولاً قدره ١٣٠ متراً فتكون نهاية هذا الطول نقطة جـ.

نرسم من نقطة جـ إتجاه الشمال المغناطيسى بنفس الملاحظات السابق ذكرها، ثم نقيس زاوية قدرها ١٨٠° محددين إتجاه الضلع جـ د . وعلى هذا الإتجاه نقيس ١١٥ متراً، فتحدد نهاية هذا الطول نقطة د .

وبنفس الطريقة نرسم الضلعين د هـ ، هـ أ . ويجب مراعاة مايأتى:

* أن تكون جميع إتجاهات الشمال المغناطيسى، عند كل نقطة من نقط رؤوس المضلع، متوازية.

* أن يبدأ قياس إنحراف كل خط من خطوط المضلع من إتجاه الشمال المغناطيسى وفى إتجاه عقرب الساعة مهما كانت الأحوال.

وبعد رسم المضلع الرئيسى للترافيرس، نبدأ فى تحشية خطوط الجنزير على الوجه التالى:

(أ) تحشية الخط أ ب :

نقيس بعداً قدره ٤٥ متراً من نقطة أ ونقيم عموداً فى الجهة اليمنى لخط الجنزير أ ب يمثل حافة الطريق، ثم نقيس بعداً قدره ٥٠ متراً من نقطة أ ونقيم عموداً آخر فيمثل الحافة الأخرى للطريق. ومن طرح هذين الإحداثيين (٥٠ – ٤٥) ينتج عرض الطريق وقدره خمسة أمتار وهو المبين فى صحيفة دفتر الغيط.

ثم نقيس بعدا قدره ٦٥ متراً من نقطة أ ونرسم من نهاية هذا البعد إتجاه الشمال المغناطيسى (موازياً لاتجاه الشمال المغناطيسى للوحة) ونقيس إنحرافاً قدره ١١٩° ونرسم خطاً يمثل حافة الترعة. ثم نقيس بعداً قدره ٧٢ متراً من نقطة أ ونرسم من نهاية هذا البعد خطاً يوازى حافة الترعة فنحدد بذلك عرض الترعة طبقاً لما هو مبين بصحيفة دفتر الغيط.

(ب) تحشية الخط ب جـ :

بعد ٣٠ متراً من نقطة ب نقيم عموداً فى الجهة اليمنى للخط أ ب طوله ٢٠ متراً فيمثل حافة الترعة، ثم نمد هذا العمود ٧ أمتار أخرى فنحدد بذلك عرضها.

وبعد ٥٠ متراً من نقطة ب ، نقيم عموداً طوله ١٥ مترا ثم نمده ٧ أمتار، فنحدد بذلك عرض الترعة بالنسبة لهذا الإحداثى الأفقى.

ونفس العمل نكرره بعد ٨٠ متراً ، ١١٠ أمتار من نقطة ب على التوالى طبقاً للأرصاد المدونة فى دفتر الغيط. ثم نصل بين نهايات هذة الإحداثيات الأفقية ونهايات إمتداداتها فنعين بذلك عرض الترعة.

(جـ) تحشية الخط جـ د :

نقيس بعداً قدره ١٠ أمتار من نقطة جـ ثم بعداً قدره ١٧ متراً فتمثل نهايتي هذين البعدين جانبي الترعة، وعرضها هو الفرق بين هذين الإحداثيين الرأسيين.

ثم نقيس بعداً قدره ٣٠ متراً من نقطة جـ ، وفي نهاية هذا البعد نرسم إتجاه الشمال المغناطيسي ثم نقيس زاوية قدرها ٢٥٠° مبتدئين من هذا الإتجاه ونمد خطاً. ثم نقيس بعداً قدره ٨٠ متراً من نقطة جـ ونرسم إتجاه الشمال المغناطيسي في نهاية هذا البعد ونقيس منه زاوية قدرها ٢٩٠° ثم نمد خطاً آخر، فتكون نقطة تلاقي هذين الخطين هي مركز البركة. نفتح البرجل فتحة قدرها ١٥ متراً (نصف قطر البركة) طبقاً لمقياس الرسم ونرسم دائرة تحدد جوانب البركة.

(د) تحشية الخط د هـ:

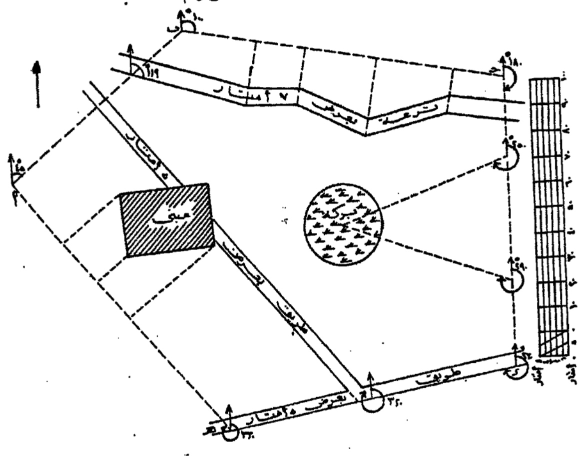
نجد أنه يوجد طريق بعرض ٥ أمتار يمتد متوازياً لخط الجنزير د هـ وعلى جانبه الأيمن، فنقوم برسم عمود على الخط د هـ في جهته اليمنى قدره ٥ أمتار فنحدد بذلك الجانب الآخر للطريق ونمده موازياً للضلع د هـ .

وبعد ٦٥ متراً من نقطة د ، نرسم إتجاه الشمال المغناطيسي، ثم نقيس زاوية قدرها ٣٢٠° من هذا الإتجاه ونمد خطاً فيحدد جانب الطريق إلى المبنى. ثم نقيس بعداً قدره ٧٠ متراً من نقطة د ونرسم خطاً موازياً للخط السابق محدداً الجانب الآخر للطريق ونمده حتى يصل إلى المبنى.

(هـ) تحشية الخط هـ أ :

نقيس بعداً قدره ٦٠ متراً من نقطة هـ ، ومن نهاية هذا البعد نقيم عموداً على الخط هـ أ طوله ٤٥ متر، وعلى جانبه الأيمن فنحدد بذلك ركن المبنى. ثم نقيس بعداً قدره ٨٠ متراً من نقطة هـ ونقيم عموداً طوله ١٥ متراً فنحدد الركن الثاني للمبنى. وعلى بعد ١٠٠ متر من نقطة هـ نقيم عموداً طوله ٣٠ متراً فنحدد الركن الثالث للمبنى. نصل بين هذه الأركان الثلاثة بخطين

متعامدين فيتحدد ضلعى المبنى، ونكمل ضلعيه الآخرين بحيث تكون الأضلاع متعامدة كما هو مبين بصحيفة دفتر الغيط. انظر الشكل رقم (٨٧).



شكل رقم (٨٧)

وقد سبق الذكر، أنه فى مثل هذا النوع من التمارين، قد لا تنطبق نقطة النهاية التى نصل إليها فى نهاية دفتر الغيط على نقطة البداية السابق توقيعها رغم أنهما نقطة واحدة، وهذا ما يسمى بخطأ القفل ويتم تصحيحه بطريقة معينة [1].

---

(١) راجع ص ص ١٨٢ - ١٨٤.

تمـــارين

١ – جنزير طوله ٢٥ متراً ، تبين عند إختباره أنه يقل ٦ سنتيمترات عن طوله الحقيقى، فإذا أردنا قياس أبعاد حديقة مستطيلة الشكل أطوالها الحقيقية ٨٧,٨٠ متراً، ١١٩,٤٥ متراً، فما هى الأطوال التى سنحصل عليها بهذا الجنزير.

٢ – خريطة مرسومة بمقياس ١ : ٥٠٠ وأبعادها ٤٠ × ٦٠ سم. أستعمل فى رفعها جنزير به خطأ قدره ١٠ سم أقل من طوله الحقيقى. قيس خط على هذه الخريطة فكان طوله ٣٨ سم ، فما هو الطول الحقيقى لهذا الخط وماهى المساحة الحقيقية لهذه الخريطة بالمتر المربع؟

٣ – قيس خط على منحدر مائل بنسبة ١ : ٨ فكان طوله ١٧٢,٥ متراً، فما طول هذا الخط على المستوى الأفقى ؟

٤ – قيس خط على أرض درجة إنحدارها ٧° ، فكان طوله ١١٢,٢٥ متراً. وعند إختبار الجنزير وجد أن به عقلة زائدة، فما هو الطول الحقيقى لهذا الخط ؟

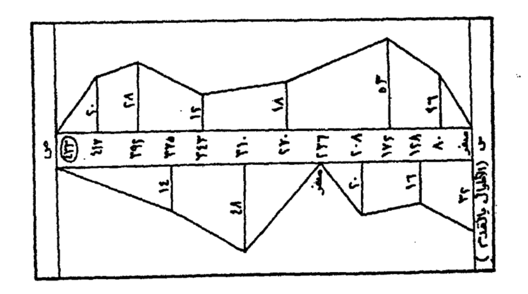
٥ – عند قياس خط بين نقطتى أ ومنسوبها ١٢,٨٠ متراً، ب ومنسوبها ٧,٣٠ أمتار وجد أن طوله ٧ طرحات، وعلامة ذات سنين قبل المنتصف ، ٨ عقلات ونصف، فما هو الطول الأفقى لهذا الخط؟

٦ – قيس خط بين نقطة س (ومنسوبها ٢٩,٨٠ متراً) ونقطة ص (ومنسوبها ٢٦,٤٠ متراً) فوجد أن طوله ١٢٦,٧٠ متراً. ثم اختبر الجنزير فوجد أن طوله يزيد عن الحقيقة بمقدار ٤ سم. فما هو الطول الحقيقى الأفقى لهذا الخط ؟

٧ – بمقياس رسم ١ : ٨٠٠ ، ارسم قطعة الأرض المسجل أرصادها فى صحيفة دفتر الغيط الآتية شكل (٨٨) مع تقدير مساحتها بالأمتار المربعة من واقع الرسم والأرصاد. مع عمل مقياس شبكى يقيس إلى نصف متر.

شكل رقم (٨٨)

٨ – الشكل الآتى (رقم ٨٩) يمثل صحيفة دفتر غيط به أرصاد لقطعة أرض استعمل شريط يقيس بالأقدام فى رفعها. والمطلوب رسم حدود هذه الأرض بمقياس بوصة لكل ١٠ ياردات. ثم إيجاد مساحتها بالياردة المربعة.



شكل رقم (٨٩)

٩ – أثناء قياس مضلع بجنزير طوله الحقيقي ٢٤,٩٥ متراً، وجد أن أحد أضلاع هذا المضلع يميل على المستوى الأفقي بمقدار ٦°، وكان طوله الحقيقي على المستوى الأفقي ١٢٠ متراً، فما هو الطول الذى سنحصل عليه بهذا الجنزير على هذا المستوى المائل.

١٠ – قطعة أرض مثلثة الشكل أبعادها كما قيست بالجنزير ٦٧,٥ ، ١٠٧ ، ٨٨,٤ متراً. فإذا كان الجنزير المستعمل به خطأ قدره –٥ سنتيمترات. إرسم أبعاد هذه الأرض الحقيقية على لوحة بمقياس رسم ١ : ٥٠٠.

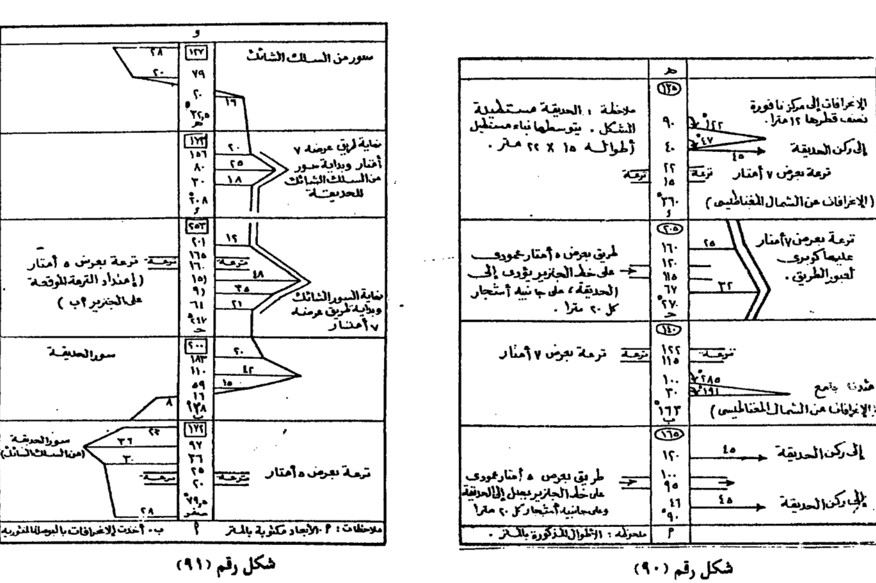
١١ – قيست قطعة أرض بجنزير ينقص عقلة كاملة، فكانت مساحتها طبقاً لهذا القياس ٤٢٢٥ متراً مربعاً. فما هى المساحة الحقيقية لهذه الأرض، إذا علمت بأنها مربعة الشكل.

١٢ – أ ب جـ د حدود حديقة مستطيلة الشكل ، طول أ ب = ٩٦ متراً، طول ب جـ = ٥٨ متراً. أنشئ سور فى داخلها يقسمها إلى قسمين. وكانت الإحداثيات الأفقية لهذا السور مأخوذة على مسافات متساوية على الخط أ ب كل ١٢ متراً وكانت كالآتى بالترتيب من نقطة أ إلى نقطة ب:

عند نقطة أ : ٥ أمتار، ١٤ ، ٢٢ ، ٢٧ ، ٢٠ ، ٢٥ ، ١٨ ، ١٥ ، ثم عند نقطة ب ١٠ أمتار . إرسم الحديقة والسور على لوحة بمقياس رسم ١ : ٤٠٠ ثم إوجد مساحة كل قسم من الحديقة بالقيراط والسهم.

١٣ – الشكل (رقم ٩٠) عبارة عن صحيفة دفتر غيط لقطعة أرض تتوسطها حديقة. والمطلوب توقيع هذه الأرصاد على لوحة بمقياس ١ : ٦٠٠.

١٤ – صحيفة الغيط الآتية (شكل ٩١) أخذت أثناء رفع حديقة. والمطلوب توقيع هذه الحديقة على لوحة بمقياس رسم ١ : ١٠٠٠ مع إيجاد مساحة المضلع الأساسى بالفدان وكسوره.



شكل رقم (٩٠)

شكل رقم (٩١)

الفصل الخامس

المساحة بالبوصلة

تعتمد المساحة بالبوصلة على قياس إنحرافات إتجاهات الأهداف المرصودة عن إتجاه الشمال المغناطيسى والذى يمكن تعيينه بالبوصلة. إذ أنه إذا وضعت إبرة مغناطيسية حرة الحركة وغير متأثرة بعوامل مغناطيسية محلية - فإنها تتجه دائماً ناحية الشمال المغناطيسى.

ويختلف الشمال المغناطيسى عن الشمال الجغرافى. فالشمال الجغرافى (أو الشمال الحقيقى) ثابت فى إتجاهه، وهو ذلك الإتجاه أو الخط الواصل بين موقع الراصد والقطب الشمالى الفلكى للكرة الأرضية وهو دائرة العرض ٩٠° شمالاً حيث تلتقى كل خطوط الطول. لذلك عادة ما ينطبق هذا الإتجاه على خطوط الطول. أما الشمال المغناطيسى فمتغير من زمن لآخر، وهو ذلك الإتجاه أو الخط الواصل بين موقع الراصد والقطب المغناطيسى الشمالى الذى يقع (عام ١٩٦٠م) فى بحر بوفورت فى أقصى شمال وسط كندا فيما بين جزر كوين اليزابيث (شماله) وجزيرة فيكتوريا إلى الجنوب الغربى منه عند تقاطع خط الطول ١٠٣° غرباً ودائرة العرض ٧٥° شمالاً تقريباً. بينما يقع القطب المغناطيسى الجنوبى إلى الجنوب من جزيرة تسمانيا على ساحل القارة القطبية الجنوبية أنتاركتيكا فى منطقة فيكتوريا لاند (تحت النفوذ الإسترالى) عند تقاطع خط الطول ١٤٥° شرقاً ودائرة العرض ٣٠َ ٦٧° جنوباً تقريباً. وما من شك أن هذين الموقعين قد تغيرا فى الوقت الحاضر [1]. لذلك نلاحظ أن بعض الأماكن على سطح الكرة الأرضية لا ينطبق فيها إتجاه الشمال المغناطيسى على إتجاه الشمال الجغرافى. وتسمى الزاوية

---

(١) اكتشف موقع القطب الشمالى السير روس Sir Ross عام ١٨٣١ وكان يقع عند تقاطع خط الطول ٢٠َ ٩٦° غرباً مع دائرة ٥٠َ ٧٠° شمالاً أما موقع القطب المغناطيسى الجنوبى فقد اكتشفه شاكلتن Shackleton عام ١٩٠٩ وكان يقع عند تقاطع خط الطول ١٥٤° شرقاً مع دائرة العرض ٤٥َ ٧٢° جنوباً.

الناشئة بين هذين الإتجاهين بزاوية الإختلاف المغناطيسى Angle of Magnetic Variation وهذه الزاوية تنسب فى تعيينها لإتجاه الشمال الجغرافى وقد تكون شرقه أو غربه.

ويمكن عن طريق البوصلة تعيين إنحرافات الأهداف أو المواقع عن إتجاه الشمال المغناطيسى، ويسمى هذا الإنحراف بالإنحراف الدائرى Circular Bearing ، ويكون دائماً فى إتجاه عقرب الساعة من صفر إلى ٣٦٠°. ويمكن تحويل هذا الإنحراف المغناطيسى أو الدائرى إلى إنحراف جغرافى (أو حقيقى) عن طريق إضافة زاوية الإختلاف المغناطيسى إذا كانت شرقاً، أو طرحها إذا كانت غرباً. ويمكن الإعتماد على العلاقة الآتية:

الإنحراف الجغرفى= الإنحراف المغناطيسى ± زاوية الإختلاف المغناطيسى

(+إذا كانت زاوية الإختلاف المغناطيس شرقاً، - إذا كانت هذه الزاوية غربا).

وجدير بالذكر أن زاوية الإختلاف المغناطيس فى أى مكان غير ثابتة على الإطلاق. فهى تتغير يومياً وسنويا تبعاً لتغير موقع نقطة القطب الشمالى المغناطيس نتيجة لدوران الأرض حول نفسها وحول الشمس، كما أن هناك تغيراً قرنياً Secular Variation يحدث كل عدة قرون بسرعة متغيرة يبلغ متوسطها ٨ دقائق سنوياً. فإذا سجلت زاوية الإختلاف المغناطيسى عند موقع وكانت غرب الشمال الجغرافى، يلاحظ أنها تتغير ببطء من الغرب إلى الشرق ثم تعود إلى الغرب. وتستغرق الدورة من أقصى نقطة فى الغرب إلى أقصى نقطة فى الشرق عدة قرون.

وهناك خرائط خاصة تعرف بالخرائط المغناطيسية تبين زوايا الإختلاف المغناطيسى فى الأماكن المختلفة على سطح الأرض .فترسم خطوطاً متساوية Iso-lines، تمر بالأماكن التى تتسوى فى زاوية إختلافها المغناطيسى شرقاً أو غرباً، وتسمى بالخطوط الأيزوجونية Isogonic. أما الأماكن التى ينطبق فيها الشمال المغناطيسى على الشمال الجغرافى أى التى تكون زاوية الإختلاف المغناطيسى عندها صفراً، فتوصل بينها بخطوط تسمى الخطوط الأجونية Agonic Lines .

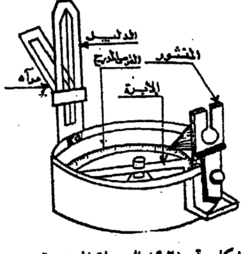
ومن هذه الخرائط المغناطيسية يمكن تحديد قيمة الإنحراف المغناطيس لأى

مكان آخر بالتناسب وكذلك يحدد الإتجاه الجغرافي بالضبط بدون حاجة إلى إجراء أرصاد فلكية لهذا المكان لتحديد إتجاه الشمال الجغرافي الحقيقي.

فمثلاً من مراجعة الخريطة الأيزوجونية التي أنشئت للعالم عام ١٩٢٧ يتضح أن زاوية الإختلاف المغناطيسي في القاهرة كانت ٤٠ً غرباً ومن الخريطة الأيزوجونية التي أنشأتها مصلحة الطبيعيات للقطر المصري عام ١٩٣٩ كانت زاوية الإختلاف المغناطيسي في القاهرة ٢٠ً شرقاً. فيكون التغير في الإنحراف المغناطيس في إثنى عشر عاماً هو درجة كاملة أى بمعدل ٥ دقائق في السنة من الغرب نحو الشرق.

البوصلة المنشورية Prismatic Compass

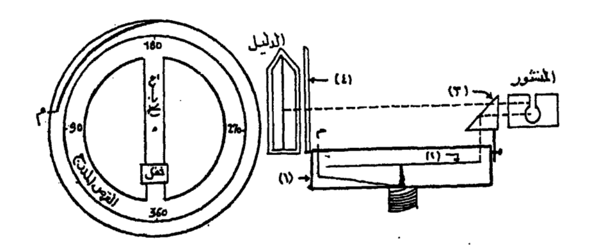
تعتبر البوصلة المنشورية أهم أداة تستخدم في إجراء المساحة بالبوصلة حيث أنها مزودة ببعض الأجزاء الإضافية التي يمكن عن طريقها قياس الإنحرافات عن إتجاه الشمال المغناطيسي شكل رقم (٩٢).



شكل رقم (٩٢) البوصلة المنشورية

وتتركب البوصلة المنشورية من الأجزاء الآتية شكل رقم (٩٣).

١ - علبة مستديرة من النحاس قطرها يتراوح بين ٦، ١٥ سم، لها غطاء من الزجاج لمنع تسرب الأتربة والرطوبة إلى داخلها. ومثبت في مركز العلبة سن رأسي مدبب من العقيق لحمل الأبرة المغناطيسية. ويوجد مسمار (م) في جانب العلبة يضغط عليه باليد فيضغط على القرص المدرج ويوقف إهتزازات الإبرة حتى يمكن أخذ القراءات بسهولة.



شكل رقم (٩٣) أجزاء البوصلة المنشورية

٢ - أبرة مغناطيسية عبارة عن صفيحة رقيقة من الصلب الممغنط، مثبت عليها إطار رقيق من الألومنيوم. وهذا الإطار عبارة عن قرص مقسم إلى درجات وأجزائها في إتجاه عقرب الساعة. وصفر التدريج أمام إتجاه الجنوب. والأرقام مكتوبة على القرص بالمقلوب لتبدو صحيحة معتدلة عند النظر إليها في المنشور الزجاجي. ويوجد على الإبرة ثقل لتوازن الابرة وتلاشي زاوية الميل[١].

٣ - منشور ثلاثي من الزجاج موضوع في غلاف معدني وله ثلاثة أوجه إحداها رأسياً ويحتوي على فتحة مستديرة لقراءة الإنحرافات منها، يعلوه شرخ رأسي للرصد وتطبيق شعرة الدليل على الهدف، أما الوجه الأفقي المقابل لسطح العلبة فيحتوي على فتحة دائرية تسمح بمرور الأشعة من القرص فتسقط على السطح المائل للمنشور فتنعكس إلى الفتحة الرأسية منها ومنها إلى العين. ويتصل المنشور بالعلبة بمفصلة حتى يمكن تطبيقه بجانبها عند عدم إستعمال البوصلة، كما يوجد مسمار لرفع المنشور أو خفضه عن سطح العلبة تبعاً لقوة إبصار الراصد حتى يمكن قراءة تدريج القرص بوضوح.

٤ - دليل معدني مقابل للمنشور ومتصل بالعلبة بمفصلة. وهو على هيئة شباك

(١) تميل الأبرة المغناطيسية عن المستوى الأفقي إلى أسفل نحو القطب المغناطيسي الشمالي في =

فى وسطه شعرة رأسية من السلك الرفيع لتوجيهها نحو الهدف أثناء الرصد. وقد توجد عليه مرآة تنزلق على الدليل لرصد النقط المرتفعة أو المنخفضة.

٥ - تركب البوصلة على حامل ذى ثلاث شعب مجهز بنظام خاص لجعل البوصلة أفقية أثناء الرصد.

وتوجد أنواع حديثة من البوصلة المنشورية منها ما هو مزود بمنظار أو مزود بأجزاء إضافية مثل الكلينومتر. ويختلف تدريج القرص فى البوصلة حسب دقتها ويتراوح بين ١٠ دقائق و ٣٠ دقيقة.

مزايا البوصلة:

* آلة صغيرة خفيفة الوزن بسيطة التركيب والعمل بها أسهل من الآلات الأخرى.
* تستخدم فى رفع المناطق صغيرة المساحة أو أخذ تفاصيل بسريعة.
* تستعمل كثيراً فى الأغراض الحربية لعمل الكروكيات الإسكتشات وللسير أثناء الليل.
* إنحراف أى خط يمكن الحصول عليه بوضع البوصلة فى أى نقطة عليه، وليس من الضرورى وضع البوصلة عند طرف الخط، بشرط عدم وجود جاذبية محلية عند هذه النقط على الخط.
* الخطأ فى إنحراف أى خط لا يؤثر على إنحرافات بقية الخطوط أو الأهداف وبذلك لا تتراكم الأخطاء.

= نصف الكرة الشمالى، وإلى أسفل نحو القطب المغناطيسى الجنوبى فى نصف الكرة الجنوبى. وتسمى الزاوية التى تميلها الأبرة عن المستوى الأفقى بزاوية الميل المغناطيسى Magnetic Dip قيمة هذه الزاوية تتراوح من صفر عند خط الإستواء (أى تكون أفقية تماماً)، إلى ٩٠° عند القطبين المغناطيسين الشمالى والجنوبى (أى تكون الأبرة فى وضع رأسى تماماً) . ولجعل الأبرة أفقية وضع ثقل فى أحد الطرفين (الطرف الجنوبى فى نصف الكرة الشمالى والعكس فى نصف الكرة الجنوبى).

عيوب البوصلة :

* قراءة الإنحرافات تقريبية للغاية ولذا فالعمل بها غير دقيق، ولا يمكن الإعتماد عليها إلا فى الأعمال التقريبية أو التمهيدية.

* غير قابلة للضبط وإن كان لها تحقيق.

* لا يمكن رصد الخطوط الطويلة بدون الإستعانة بمنظار.

* خاضعة لتأثير الجاذبية المحلية.

قياس الإنحرافات بالبوصلة

الإنحراف الدائرى :

لقيـاس إنحـراف أى خط وليكن أ ب شكل رقم (٩٤) عن الشـمـال المغناطيسى بواسطة البوصلة المنشورية نجرى الآتى:

١ - توضع البوصلة المنشورية على حاملها مسامته على النقطة أ بواسطة الخيط وثقل الشاغول.

٢ - تضبط أفقية البوصلة حتى تكون الابرة المغناطيسية حرة الحركة تماماً.

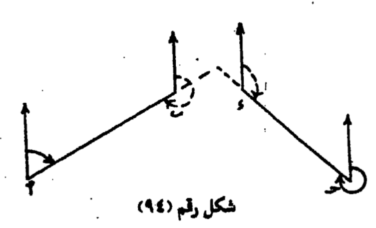
٣ - يوجه خط النظر بالبوصلة وهو الخط الواصل بين عين الراصد ماراً بالشرخ الموجود فى أعلى المنشـور ثم الشـعـرة الوسطى بالدليل - إلى الهـدف أو الشاخص الموجود فى نقطة ب.

٤ - ننظر خلال فتحة المنشور المقابلة لعين الراصد، وتدون القراءة المبينة على حافة القرص والتى تنطبق على إمتداد الشعرة إلى أسفل فتكون هذه القراءة هى الإنحراف الأمامى للخط أ ب.

٥ - ولتعيين الإنحراف الخلفى لهذا الخط، ننتقل بالبوصلة إلى نقطة ب وبعد ضبط تسامتها وأفقيتها كما سبق أن ذكرنا، يوجه خط النظر إلى النقطة أ ويعين إنحرف ب أ. فيكون هو الإنحـراف الخلفى للخط أ ب، ويجب أن يكون مساويا للإنحراف الأمامى لهذا الخط السابق تعينه بعد طرح أو إضافة ١٨٠° إليه.

أى أن : الإنحراف الأمامى = الإنحراف الخلفى ± ١٨٠°

(+ إذا كـان الإنحـراف الخلفـى أقـل من ١٨٠°، - إذا كـان أكـثر من ١٨٠°).



شكل رقم (٩٤)

أى أن : كل خط له إنحرافـان أحـدهـمـا أمـامى والآخـر خلفى. فيـقـال الإنحراف الأمامى للخط أ ب مقاساً من أ ويقال الإنحراف الخلفى للخط أ ب مقاساً من ب. أو العكس الإنحراف الأمامى للخط ب أ مقاساً من ب والإنحراف الخلفى للخط ب أ مقاساً من أ.

مثال : أنظر شكل رقم (٩٤)

الإنحراف الأمامى للإتجاه أ ب = ٦٥°

∴ الإنحراف الخلفى للإتجاه أ ب = ٦٥ + ١٨٠ = ٢٤٥°

، الإنحراف الأمامى للإتجاه جـ د = ٣١٢

∴ الإنحراف الخلفى للإتجاه جـ د = ٣١٢ - ١٨٠ = ١٣٢°

تصحيح الإنحرافات الأمامية والخلفية :

يتضح مما سبق أن الفرق بين الإنحرافين الأمامى والخلفى لأى ضلع، يجب أن يكون ١٨٠° ولكن يحدث في بعض الأحيان أن يزيد أو يقل هذا الفرق عن ١٨٠°. وتتعدد الأسباب التى تؤدى إلى حدوث مثل هذا الخطأ. فقد يكون نتيجة للجاذبية المحلية - وهذا أهم الأسباب - بسبب وجود معادن حديدية تحت سطح

الأرض أو القرب من القضبان والمنشآت الحديدية والمواسير والأسوار الحديدية أو الأسلاك الكهربائية أو السيارات سواء الواقفة منها أو المتحركة، أو وجود الشريط الصلب أو الجنزير قريباً من مكان الرصد أو الأدوات الشخصية للراصد مثل «سلسلة المفاتيح» . . مما يؤدى إلى التأثير على الأبرة المغناطيسية فينتج هذا الخطأ. ويصعب التخلص من الجاذبية المحلية وخصوصاً في المدن بسبب ما فيها من المنشآت التي يكثر إستعمال الحديد فيها. ولذلك يقل إستعمال الأجهزة التي بها إبرة مغناطيسية في المدن ، ويكثر في الجهات البعيدة عنها حيث تقل الجاذبية المحلية الناتجة من عنصر الحديد كما سبق أن أوضحنا. والمعادن بأنواعها – ما عدا النحاس – تؤثر في الإبرة المغناطيسة بدرجات متفاوتة، والحديد أشد المعادن تأثيراً فيها.

وقد يكون هذا الخطأ نتيجة أخطاء شخصية من الراصد نفسه، مثل قراءة الإنحراف أثناء إهتزاز الإبرة أو التقريب في القراءات المرصودة أو الخطأ في القراءة نفسها. ويتم تصحيح الإنحرافات الأمامية والخلفية – ليصبح الفرق بينهما ١٨٠° – بإحدى الطريقتين الآتيتين :

١ – طريقة المتوسطات :

يتم تصحيح الإنحرافات بطرح الإنحرافين الأمامي و الخلفي من بعضهما وبذلك يتحدد مقدار الخطأ وما إذا كان بالزيادة أو النقص عن ١٨٠°. ثم نطبق القاعدة التالية:

(أ) مقدار الخطأ بالموجب (زيادة عن ١٨٠°) :

إذا كان الإنحراف الأمامي أقل من ١٨٠° يضاف إليه نصف مقدار الخطأ ويطرح النصف الآخر من الإنحراف الخلفي ويحدث العكس إذا كان الإنحراف الأمامي أكثر من ١٨٠°.

(ب) – مقدار الخطأ بالسالب (أقل من ١٨٠°) :

إذا كان الإنحراف الأمامى أقل من ١٨٠° يطرح منه نصف مقدار الخطأ ويضاف النصف الآخر إلى الإنحراف الخلفى. ويجرى العكس إذا كان الإنحراف الأمامى أكثر من ١٨٠°.

مثال :

قيست الإنحرافات الدائرية الآتية بالبوصلة المنشورية والمطلوب تصحيحها.

الإتجاه	الإنحراف الأمامى	الإنحراف الخلفى
أ ب	٤٦° ٠٠'	٢٢٥° ٠٠'
جـ د	٦٨ ٣٠	٢٤٨ ٥٠
س ص	٢٥٣ ٠٠	٧٣ ٣٠
ع ل	٣١٠ ٢٠	١٢٩ ٤٠

الإتجاه أ ب :

الفرق بين الإنحرافين = ٢٢٥° ٠٠' – ٤٦° ٠٠ = ١٧٩° ٠٠

مقدار الخطأ = ١٧٩ ٠٠ – ١٨٠ ٠٠ = – ١ ٠٠

∴ التصحيح : نصف الخطأ = ١ ٠٠ ÷ ٢ = ٠٠ ٣٠

∴ الإنحراف الخلفى مصححاً = ٢٢٥ ٠٠ + ٠٠ ٣٠ = ٢٢٥ ٣٠

الإتجاه جـ د :

الفرق بين الإنحرافين = ٢٤٨ ٥٠ – ٦٨ ٣٠ = ١٨٠ ٢٠

مقدار الخطأ = ١٨٠ ٢٠ – ١٨٠ ٠٠ = + ٠٠ ٢٠

∴ التصحيح : نصف الخطأ = ٠٠ ٢٠ ÷ ٢ = ٠٠ ١٠°

∴ الإنحراف الأمامى مصححاً = ٦٨ ٣٠ + ٠٠ ١٠ = ٦٨ ٤٠

، الإنحراف الخلفى مصححاً = ٢٤٨ ٥٠ – ٠٠ ١٠ = ٢٤٨ ٤٠

الإتجاه س ص:

الفرق بين الإنحرافين = ٢٥٣ ٠٠° − ٧٣ ٣٠° = ١٧٩ ٣٠°

مقدار الخطأ = ١٧٩ ٣٠ − ١٨٠ ٠٠ = −٠٠ ٣٠

التصحيح: نصف الخطأ = ٠٠ ٣٠ ÷ ٢ = ٠٠ ١٥

∴ الإنحراف الأمامي مصححاً = ٢٥٣ ٠٠ + ٠٠ ١٥ = ٢٥٣ ١٥

، الإنحراف الخلفي مصححاً = ٧٣ ٣٠ + ٠٠ ١٥ = ٧٣ ١٥

الإتجاه ع ل:

الفرق بين الإنحرافين = ٣١٠ ٢٠ − ١٢٩ ٤٠ = ١٨٠ ٤٠

مقدار الخطأ = ١٨٠ ٤٠ − ١٨٠ ٠٠ = +٠٠ ٤٠

التصحيح: نصف الخطأ = ٠٠ ٤٠ ÷ ٢ = ٠٠ ٢٠

∴ الإنحراف الأمامي مصححاً = ٣١٠ ٢٠ − ٠٠ ٢٠ = ٣١٠ ٠٠

، الإنحراف الخلفي مصححاً = ١٢٩ ٤٠ + ٠٠ ٢٠ = ١٣٠ ٠٠

٢ - طريقة الجاذبية المحلية Local Attraction

وتستخدم هذه الطريقة فى مضلعات الترافيرس المقفل أو المفتوح. ولتصحيح الإنحرافات الأمامية والخلفية نبدأ فى ضلع غير متأثر بالجاذبية المحلية، حيث يكون الفرق بين إنحرافه الأمامى والخلفى يساوى ١٨٠° تماماً. ومعنى ذلك أن كل الإنحرافات التى ترصد من طرفى هذا الضلع تكون صحيحة ولا يجب تعديلها. ثم نبدأ التصحيح من أحد نهايتى الضلع بالنسبة للضلع الذى يليه فإذا كان هناك خطأ فإنه يحمل على النقطة التالية للضلع سواء بالطرح (إذا كان الخطأ أكثر من ١٨٠°) أو بالجمع (إذا كان الخطأ يقل عن ١٨٠°). ويعرف مقدار الخطأ عند هذه النقطة «بقوة الجاذبية المحلية» وبالتالى فإن جميع الإنحرافات المرصودة من هذه النقطة يضاف إليها أو يطرح منها قوة الجاذبية المحلية كما سبق أن ذكرنا، وبالتالى يمكن تصحيح إنحرافات الضلع الذى يليه وهكذا.

مثال :

في ترافيرس مقفل أ ب جـ د هـ أخذت الإنحرافات الدائرية بالبوصلة المنشورية فكانت كما هو موضح في الجدول التالي. والمطلوب تصحيح الإنحرافات الأمامية والخلفية لأضلاع الترافيرس.

الإتجاه	الإنحراف الأمامى	الإنحراف الخلفى
أ ب	٦٠° ١٠َ	٢٤٣° ١٥َ
ب جـ	١٢٣ ٣٠	٣٠٢ ٣٠
جـ د	٢٠٩ ٠٥	٢٩ ٠٥
د هـ	٢٨٦ ٠٠	١٠٤ ١٥
هـ أ	٣٣٤ ١٠	١٥٣ ٥٠

يتضح من جدول الأرصاد المذكور سابقاً أن الضلع جـ د تنعدم فيه الجاذبية المحلية لأن الفرق بين إنحرافيه الأمامى والخلفى = ١٨٠° تماماً. ومن ثم نبدأ التصحيح من أحد طرفى هذا الضلع لأن الإنحرافات المرصودة منها صحيحة. وعلى ذلك يكون الإنحراف الخلفى للضلع ب جـ صحيحاً وكذلك الإنحراف الأمامى للضلع د هـ صحيحاً أيضاً.

نبدأ التصحيح من نقطة د **وفى إتجاه عقرب الساعة.**

الإنحراف الأمامى للضلع د هـ (من واقع الأرصاد) = ٠٠َ ٢٨٦°

وهو إنحراف صحيح كما سبق أن أشرنا لعدم وجود جاذبية محلية عند نقطة د.

∴ الإنحراف الخلفى للضلع د هـ يجب أن يكون =

٠٠َ ٢٨٦° − ٠٠َ ١٨٠° = ٠٠َ ١٠٦°

ولكن الإنحراف الخلفي المرصود من نقطة هـ = ١٥َ ١٠٤°

نقطة هـ متأثرة بجاذبية محلية قوتها :

= ١٥َ ١٠٤° - ٠٠َ ١٠٦° = - ٤٥َ ١°

أى أن كل الأرصاد المأخوذة من نقطة هـ متأثرة بقوة جاذبية محلية تجعل الأرصاد المأخوذة عندها تنقص بمقدار ٤٥َ ١°. وبالتالى لتصحيح هذه الأرصاد يجب إضافة مقدار هذه القوة المحلية (٤٥َ ١°).

الإنحراف الأمامى هـ أ مصححاً = ١٠َ ٣٣٤° + ٤٥َ ١° = ٥٥َ ٣٣٥°

ويكون إنحرافه الخلفى = ٥٥َ ٣٣٥° - ٠٠َ ١٨٠° = ٥٥َ ١٥٥°

ولكن الإنحراف الخلفى للضلع هـ أ المرصود من نقطة أ = ٥٠َ ١٥٣°

أى أن نقطة أ متأثرة بجاذبية محلية قوتها :

= ٥٠َ ١٥٣° - ٥٥َ ١٥٥° = - ٠٥َ ٢°

وعلى ذلك يتم تصحيح الإنحرافات المأخوذة من نقطة أ بإضافة ٠٥َ ٢°

فيصبح الإنحراف الأمامى للضلع أ ب ١٠َ ٦٠° + ٠٥َ ٢° = ١٥َ ٦٢°

وبالتالى يجب أن يكون إنحراف أ ب الخلفى مصححاً

١٥َ ٦٢° + ٠٠َ ١٨٠° = ١٥َ ٢٤٢°

ولكن الإنحراف الخلفى للضلع أ ب المرصود هو = ١٥َ ٢٤٣°

ومعنى ذلك أن نقطة ب متأثرة بقوة جاذبية محلية قدرها

= ١٥َ ٢٤٣° - ١٥َ ٢٤٢° = + ٠٠َ ١°

وبالتالى يجب تصحيح الأرصاد المأخوذة عند نقطة ب بطرح ٠٠َ ١° منها فيصبح إنحراف ب جـ الأمامى مصححاً = ٣٠َ ١٢٣° - ٠٠َ ١° = ٣٠َ ١٢٢°

ويكون إنحرافه الخلفى مصححاً = ٣٠َ ١٢٢° + ٠٠َ ١٨٠° = ٣٠َ ٣٠٢°

وهذا يتفق مع الإنحراف الخلفى المرصود ب جـ من نقطة جـ والتى تنعدم فيها الجاذبية المحلية كما سبقت الإشارة.

والجدول التالى يوضح الأرصاد وتصحيحها.

الضلع	الإنحراف الأمامى	الإنحراف الخلفى	الفرق	الإنحراف الأمامى مصححاً	الإنحراف الخلفى مصححاً	الفرق
أ ب	١٠' ٦٠°	١٥' ٣٤٣°	٠٥' ١٨٣°	١٥' ٦٢°	١٥' ٢٤٢°	٠٠' ١٨٠°
ب جـ	٣٠ ١٢٣	٣٠ ٣٠٢	٠٠ ١٧٩	٣٠ ١٢٢	٣٠ ٣٠٢	٠٠ ١٨٠
جـ د	٠٥ ٢٠٩	٠٥ ٢٩	٠٠ ١٨٠	٠٥ ٢٠٩	٠٥ ٢٩	٠٠ ١٨٠
د هـ	٠٠ ٢٨٦	١٥ ١٠٤	٤٥ ١٨١	٠٠ ٢٨٦	٠٠ ١٠٦	٠٠ ١٨٠
هـ أ	١٠ ٣٣٤	٥٠ ١٥٣	٢٠ ١٨٠	٥٥ ٢٣٥	٥٥ ١٥٥	٠٠ ١٨٠

الإنحراف المختصر Reduced Bearing

فى بعض الأحيان يحتاج العمل إيجاد النسب المثلثية للإنحرافات الدائرية، ولتفادى الخطأ فى إستخراج النسب المثلثية للإنحرافات الدائرية التى تزيد قيمتها عن ٩٠°، يستخدم الإنحراف المختصر. فإذا كان الإنحراف الدائرى يزيد عن ٩٠° فإنه يلزم البحث عن الزاوية التى تقع بين صفر، ٩٠° وتكون نسبتها المثلثية مساوية للإنحراف الدائرى فى القيمة العددية. وتسمى هذه

الإنحراف الدائرى
والمختصر
شمال
ش غ
ش ق
ج غ
ج ق

شكل رقم (٩٥) الإنحراف الدائرى والمختصر

الزاوية بالإنحراف المختصر. وهى الزاوية المحصورة بين إتجاه الشمال المغناطيسى أو إتجاه الجنوب المغناطيسى والضلع المطلوب تعيين إنحرافه المختصر.

وتقسم الدائرة إلى أربع أقسام تتحدد بتقاطع محورين أحدهما رأسى وهو إتجاه الشمال والجنوب (المغناطيسى) والآخر أفقى وهو إتجاه الشرق والغرب. ولكل ربع من الدائرة طريقة معينة فى القياس شكل رقم (٩٥).

أ - فى الربع الأول : يقاس الإنحراف المختصر من إتجاه الشمال المغناطيسى وفى إتجاه عقرب الساعة من صفر إلى ٩٠°. ويميز الإنحراف المختصر فى هذا الربع بالرمز ش ق «أى شمال شرق» وهو يساوى الإنحراف الدائرى إذا كان أقل من ٩٠°.

ب- فى الربع الثانى : يقاس الإنحراف المختصر إبتداء من إتجاه الجنوب وفى إتجاه ضد عقرب الساعة من صفر إلى ٩٠°. ويتميز هذا الإنحراف بالرمز جـ ق «أى جنوب شرق». ويحول الإنحراف الدائرى إذا كان يتراوح بين ٩٠°، ١٨٠° إلى إنحراف مختصر وذلك بطرح الإنحراف الدائرى من ١٨٠°.

جـ- فى الربع الثالث : يقاس الإنحراف المختصر إبتداء من إتجاه الجنوب وفى إتجاه عقرب الساعة من صفر إلى ٩٠°، ويميز بالرمز جـ غ «أى جنوب غرب». ويمكن تحويل الإنحرافات الدائرية من ١٨٠° إلى ٢٧٠° إلى إنحرافات مختصرة حيث أنها تقع فى هذا الربع وذلك بطرح ١٨٠° من قيمة الإنحراف الدائرى فيكون الناتج الإنحراف المختصر.

د- فى الربع الرابع : يقاس الإنحراف المختصر إبتداء من إتجاه الشمال المغناطيسى وفى إتجاه ضد عقرب الساعة من صفر إلى ٩٠°، ويميز بالرمز ش غـ «أى شمال غرب». وتحول الإنحرفات الدائرية التى تقع فى هذا الرابع والتى تتراوح بين ٢٧٠°، ٣٦٠° إلى الإنحراف مختصر بطرحها من ٣٦٠°.

مثال :

حول الإنحرافات الدائرية التالية إلى إنحرافات مختصرة :

٢٠َ ٥٣° ، ٥٠َ ١٤٧° ، ٤٠َ ٢٣٩° ، ٣٠َ ٣١٢°

* الإنحراف الدائرى ٢٠َ ٥٣° يقع فى الربع الأول.

∴ إنحرافه المختصر = ش ٢٠َ ٥٣° ق.

* الإنحراف الدائرى ٥٠َ ١٤٧° يقع فى الربع الثانى.

∴ إنحرافه المختصر = ٠٠َ ١٨٠° – ٥٠َ ١٤٧° = جـ ١٠َ ٣٢° ق

* الإنحراف الدائرى ٤٠َ ٢٣٩° ويقع فى الربع الثالث

∴ إنحرافه المختصر = ٤٠َ ٢٣٩° – ٠٠َ ١٨٠° = جـ ٤٠َ ٥٩° غـ

* الإنحراف الدائرى ٣٠َ ١٣٢° يقع فى الربع الرابع.

∴ إنحرافه المختصر = ٠٠َ ٣٦٠° – ٣٠َ ٣١٢° = ش ٣٠َ ٤٧° غـ

رفع منطقة بإستخدام البوصلة المنشورية

تستخدم البوصلة المنشورية فى إجراء عمليات رفع الأراضى الصغيرة المساحة وكذلك فى الأعمال المساحية التمهيدية حيث أنها ليست دقيقة بالدرجة التى يمكن الإعتماد على نتائجها. وتختلف الطرق التى تتم بها عمليات الرفع بإختلاف طبيعة المنطقة وإتساعها والظاهرات الموجبة والسالبة فيها.

وفيما يلى عرض لهذه الطرق والعوامل التى تؤدى إلى إختيار أحداها وميزات وعيوب كل منها.

١ - طريقة الثبات أو الإشعاع :

تستخدم هذه الطريقة إذا كانت المنطقة المراد رفعها صغيرة المساحة، ويمكن رؤية ورصد إنحرافات كل الظاهرات والأهداف أو النقط المحددة لها من موقع واحد يمكن الوقوف فيه، وغير متأثر بالجاذبية بقدر الإمكان، ويمكن القياس المباشر منه بالشريط إلى كافة الظاهرات والأهداف الموجودة بالمنطقة المطلوب رفعها وتحديد مواقعها.

ومميزات هذه الطريقة أنه يتم أخذ جميع الإنحرافات بالبوصلة من النقطة الأساسية دون اللجوء إلى أخذ إنحرافات خلفية وبالتالى التخلص من عمليات تصحيح الإنحرافات الدائرية. ذلك لأنه إذا كان هناك أى تأثير محلى على الإنحرافات الدائرية المأخوذة بالبوصلة المنشورية من هذا الموقع، فإن هذا التأثير يكون واحداً على كل الإنحرافات الدائرية المرصودة، وبالتالى يمكن إهماله. كما أنه من مميزات هذه الطريقة أيضاً أنه لا ينشأ عن إستخدامها خطأ قفل. إلا أنه من أهم عيوب طريقة الثبات، كثرة القياس المباشر بين النقطة الأساسية وباقى الظاهرات المطلوب رفعها، مما يستنزف جهداً كبيراً، خاصة إذا كانت الأطوال المقاسة أطول من طول الشريط المستخدم، مما يؤدى إلى ضرورة إجراء عملية التوجيه فى مثل هذه الحالات، وإحتمال الخطأ فى أطوال الإتجاهات المرصودة أو عدم دقتها.

طريقة العمل :

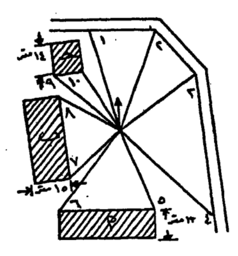
١ - يقسم دفتر الغيط إلى صفحتين متقابلتين: يرسم فى إحداهما كروكى للمنطقة المراد رفعها وم قع النقطة الأساسية المختارة، وتسمى بنقطة الثبات. ويستحسن أن يكون موقعها فى منتصف المنطقة حتى يمكن منها رؤية جميع الأهداف. ويصمم جدول فى الصفحة المقابلة من أربع خانات رأسية: الإتجاه - الإنحراف عن الشمال المغناطيسى - الطول - ملاحظات، أنظر شكل رقم (٩٦).

٢ – توضع البوصلة المنشورية على الحامل الخاص بها وتسامت فوق النقطة الأساسية وتضبط أفقيتها إما بالنظر أو بإستخدام ميزان المياه.

٣ – توجه البوصلة المنشورية إلى الظاهرات والأهداف المطلوب رفعها في المنطقة إبتداء من إتجاه الشمال المغناطيسي تقريباً ومع إتجاه عقرب الساعة.

٤ – ترقم الأهداف أو الإتجاهات المطلوب رصدها في الكروكي وفي الجدول المقابل له، ويسجل أمام كل إتجاه إنحرافه الدائري وطوله (المسافة من النقطة الأساسية حتى الهدف) وملاحظات الراصد عن الهدف المرصود. ويراعى أن يكون تسجيل أرقام الإتجاهات على الكروكي وفي الجدول في آن واحد عند الرصد، حتى لا يكون هناك أي إختلاف بين الكروكي وجدول الأرصاد في حالة رصد أحد الإتجاهات.

الإتجاه	الانحراف	الطول	ملاحظات
١	٣٤٥	٢١٫٠	بداية الطريق [illegible]
٢	٢٥	٢٢٫٠	[illegible]
٣	٧٢	١٩٫٠	[illegible]
٤	١١٤	٢٤٫٠	[illegible]
٥	١٦١	[illegible]	[illegible]
٦	٢٤٧	٢٦٫٠	[illegible]
٧	٢٤٨	١٨٫٠	[illegible]
٨	٣١١	٢٠٫٠	[illegible]
٩	٣١٨	٢٢٫٠	[illegible]
١٠	٣٣٨	٢٠٫٠	[illegible]
ب	ب	ب	[illegible]



شكل (٩٦)

٥ – بعد إتمام عملية الرصد في الحقل يأتي بعد ذلك توقيع الأرصاد المدونة في دفتر الغيط على الخريطة أو اللوحة المراد إنشاؤها. ويتم إختيار مقياس رسم مناسب، أو تبعاً لمقياس الخريطة الأصلي. ويجرى الآتي:

- تحدد موقع النقطة الأساسية ويرسم منها إتجاه الشمال المغناطيسى. وفى حالة تحديد موقع هذه النقطة على الخريطة يرسم منها إتجاه الشمال المغناطيسى موازياً لإتجاه الشمال المغناطيسى الخاص بالخريطة.
- من هذا الإتجاه الشمالى المغناطيسى، نبدأ فى توقيع الإنحرافات الدائرية للإتجاهات المدونة فى جدول الأرصاد، بإستخدام المنقلة التى ينطبق مركزها على النقطة الأساسية وصفرها على إتجاه الشمال المغناطيسى، فتنتج أشعة تتحدد أطوالها بالأطوال الموجودة فى الجدول أمام كل إتجاه طبقاً لمقياس الرسم المنتخب، فتتعين بذلك مواقع الظاهرات أو الأهداف.
- تحبر الخريطة وتبين الظاهرات المختلفة تبعاً للرموز الخاصة بكل منها، ويتم محو خطوط الإتجاهات أو الأشعة السابق رسمها.

٢ - طريقة التقاطع :

تستخدم هذه الطريقة فى حالة رفع مضلع ترافيرس مقفل، وكانت خطوط هذا المضلع تعترضها عوائق سالبة كالبرك والمستنقعات التى لا تمنع رؤية الأهداف وإن كانت تمنع القياس المباشر، أو كانت أطوال أضلاع هذا الترافيرس كبيرة نسبياً يصعب معه قياسها بدقة فضلاً عن إجراء عملية التوجيه أثناء القياس التى تستلزم وقتاً وجهداً كما أن نتائج القياس تكون غير دقيقة وتقل دقتها كلما زاد طول الضلع.

ويشترط لتنفيذ طريقة التقاطع إمكان رؤية جميع نقط المضلع أو الهيكل من نقطتين رئيسيتين قد يكونا داخل المضلع أو خارجه أو نقطتين من رؤوس المضلع نفسه. كما يشترط إمكان قياس المسافة بين هاتين النقطتين قياساً مباشراً ودقيقاً. وتسمى المسافة بين هاتين النقطتين بخط القاعدة.

وميزة هذه الطريقة عدم القياس المباشر بين جميع الأضلاع والإكتفاء بقياس خط القاعدة فقط وخط آخر من أضلاع الترافيرس للتحقيق، كما أنه لا ينتج عند القيام بها خطأ القفل. كما يمكن إستخدام هذه الطريقة فى رفع أهداف أو تفاصيل لا يمكن الوصول إليها.

طريقة العمل :

١ – يقف الراصد عند أحد طرفى القاعدة (ولتكن نقطة س) ويقوم برصد الإنحرافات الأمامية بالبوصلة المنشورية لنقط رؤوس المضلع من النقطة الواقف عليها، وكذلك الإنحراف الأمامي لخط القاعدة نفسه.

٢ – ينتقل الراصد إلى الطرف الآخر من خط القاعدة (نقطة ص) ويرصد الإنحرافات الأمامية لنفس رؤوس المضلع من هذه النقطة وكذلك الإنحراف الخلفى لخط القاعدة.

٣ – يتم قياس طول خط القاعدة س ص قياساً مباشراً دقيقاً. أنظر شكل رقم (٩٧).

٤ – يبدأ بعد ذلك الراصد في إحتلال كل نقطة من نقط مضلع الترافيرس، وترفع الظاهرات المحيطة بها والأهداف المطلوب رفعها بطريقة الثبات السابق ذكرها.

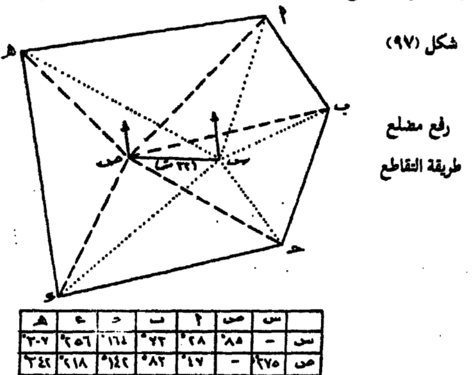
٥ – من واقع الأرصاد المدونة والمعلومات المأخوذة الخاصة بهيكل الترافيرس، نبدأ فى رسمه بكل دقة تبعاً للخطوات التالية:

* يختار مقياس رسم مناسب لمساحة اللوحة التى سيتم الرسم عليها وفى مكان مناسب منها توقع نقطة س ويرسم منها إتجاه الشمال المغناطيسى، ومنه تقاس زاوية تساوى الإنحراف الأمامى لخط القاعدة س ص بالمنقلة ويقاس على هذا الإنحراف طولاً يساوى خط القاعدة س ص على الطبيعة تبعاً لمقياس الرسم، فتحدد نهاية هذا الخط نقطة ص.

* يرسم من نقطة س أشعة تمثل الإنحرافات الدائرية لنقط رؤوس المضلع السابق رصدها عن إتجاه الشمال المغناطيسى.

* ننتقل إلى نقطة ص ومنها يرسم إتجاه الشمال المغناطيسى موازياً لنفس الإتجاه السابق رسمه عند نقطة س. ومنه نقيس – بالمنقلة – زاوية تساوى زاوية الإنحراف الخلفى للخط س ص، فنجد أنها تنطبق على إتجاه الخط ص س. ومن إتجاه الشمال المغناطيسى عند نقطة ص نرسم أشعة تمثل

الإنحرافات الدائرية لنقط رؤوس المضلع عن إتجاه الشمال المغناطيسى والسابق رصدها فى الطبيعة من نقطة ص.



شكل (٩٧)

رفع مضلع
طريقة التقاطع

	س	ص	أ	ب	جـ	د	هـ
س	-	٨٥°	٢٨°	٧٢°	١٦٤°	٢٥٦°	٣٠٧°
ص	٢٧٥°	-	٤٧°	٨٢°	١٤٢°	٢١٨°	٣٤٢°

* يتلاقى كل شعاعين يمثلان أحد رؤوس المضلع والمرسومين من نقطتى س، ص فى نقطة، فتكون هذه النقطة هى مكان رأس المضلع. وتصل بين هذه الرؤوس فتحدد بذلك شكل المضلع، ومنه نستطيع أن نعرف أطوال كل ضلع من أضلاع هذا الترافيرس تبعاً لمقياس الرسم المنتخب.
* نبدأ بعد ذلك فى توقيع الظاهرات المختلفة السابق رصدها من كل نقطة من رؤوس المضلع بطريقة الثبات كما سبقت الإشارة.

٣ - طريقة اللف والدوران :

تستخدم هذه الطريقة فى حالة ما إذا كانت المنطقة المراد رفعها متسعة المساحة وتوجد فيها عوائق كثيرة تمنع رؤية النقط كلها من نقطة واحدة أو نقطتين. فإذا كانت المنطقة محددة بالمضلع أ ب جـ د هـ مثلاً، يراعى عند إختيار رؤوس هذا المضلع أنه عند الوقوف على أى من هذه النقط، يمكن رؤية

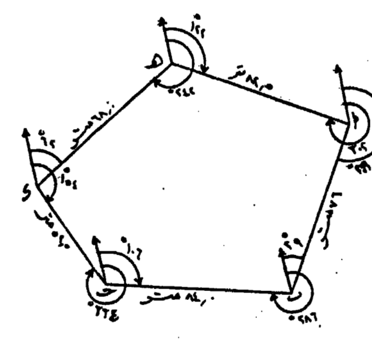
النقطة التى تليها والنقطة السابقة لها. فمثلاً إذا وقفنا فى نقطة أ فإننا نرى نقطتى ب، هـ. كما يشترط للعمل بهذه الطريقة إمكان قياس الخطوط بين هذه النقط قياساً مباشراً. وتستخدم طريقة اللف والدوران فى توقيع هياكل الترافيرسات فقط، أما تحشية التفاصيل فإنها تتم إما بطريقة الثبات أى إحتلال كل نقطة من رؤوس نقطة المضلع ورفع التفاصيل والأهداف الموجودة حوله أو بطريقة التقاطع عن طريق إعتبار كل ضلع من أضلاع الترافيرس كخط قاعدة أو بإعتبار كل ضلع من أضلاع الترافيرس خط جنزير وإجراء التحشية عليه للظاهرات المطلوب رفعها بإقامة الأحداثيات الأفقية وقياس أطوالها.

ومن عيوب طريقة اللف والدوران أنه ينشأ عند توقيع المضلع المقفل ما يسمى بخطأ القفل. وهو خطأ ينشأ نتيجة لعدم الدقة فى قياس أطوال أضلاع الترافيرس من ناحية، بالإضافة إلى الأخطاء الناجمة عن قياس الإنحرافات الأمامية والخلفية للأضلاع عن الشمال المغناطيسى بسبب الجاذبية المحلية من ناحية أخرى وعدم دقة الأرصاد المأخوذة بالبوصلة من ناحية ثالثة. ويتعين تصحيح خطأ القفل إذا كان مسموحاً به، أما إذا كان غير مسموح به فإنه يجب إعادة العمل مرة أخرى.

طريقة العمل :

١ – يتم إنشاء جدول فى دفتر الغيط خاص بالترافيرس مكون من الخانات الرأسية الأمامية : الضلع – الطول – الإنحراف الأمامى – الإنحراف الخلفى – ملاحظات، وفى الصفحة المقابلة لهذا الجدول يرسم كروكى للمضلع. أنظر شكل رقم (٩٨).

٢ – توضع البوصلة المنشورية فوق نقطة أ، و تضبط أفقيتها وتسامتها. ثم توجه البوصلة تجاه نقطة هـ ويقرأ تدريج القرص فتكون هذه القراءة عبارة عن الإنحراف الخلفى للضلع هـ أ. ثم توجه البوصلة نحو نقطة ب، ويقرأ تدريج القرص، فينتج الإنحراف الأمامى للخط أ ب. تدون هذه الإنحرافات فى الجدول



الضلع	الطول بالمتر	الإنحراف الأمامى	الإنحراف الخلفى
أ ب	٧٦,٠ متر	٢٠٩°	٢٩
ب جـ	٨٤,٠	٢٨٦	١٠٦
جـ د	٤٢,٥	٣٣٤	١٥٤
د هـ	٦٨,٠	٦٢	٢٤٢
هـ أ	٨٢,٥	١٢٢	٣٠٢

شكل رقم (٩٨)

كروكى ترافيوس مقفل

فى الأماكن الخاصة بها. يقاس طول أ ب، وتجرى عليه التحشية اللازمة للظاهرات والأهداف الموجودة فى الطبيعة على جانبى الخط أ ب وتدون فى دفتر الغيط بالطريقة المعتادة، كما سبق أن أشرنا بإعتبار هذا المضلع خط جنزير.

٣ – ننتقل إلى نقطة ب. وتوضع عليها البوصلة المنشورية مع مراعاة ضبط أفقيتها وتسامتها. وتوجه البوصلة إلى نقطة أ فنحصل على الإنحراف الخلفى للضلع أب، ثم توجه البوصلة إلى نقطة جـ فنحصل على الإنحراف الأمامى للضلع ب جـ، يقاس الضلع ب جـ وتدون هذه الأرصاد فى الجدول. ثم تحشى الظاهرات والتفاصيل على جانبى الضلع ب جـ.

٤ – ننتقل إلى نقطة جـ. ونضع فوقها البوصلة المنشورية وتوجه إلى نقطة ب فنحصل على الإنحراف الخلفى للضلع ب جـ، ثم توجه إلى نقطة د فنحصل على الإنحراف الأمامى للضلع جـ د. ويقاس طول الضلع جـ د وتتم تحشية التفاصيل على جانبيه.

٥ – يكرر هذا العمل بعد ذلك فى باقى رؤوس المضلع حتى نصل إلى نقطة هـ وتوجه البوصلة إلى نقطة د فنحصل على الإنحراف الخلفى للضلع دهـ، ثم توجه إلى النقطة أ فنحصل على الإنحراف الأمامى للضلع هـ أ، مع إجراء التحشية اللازمة للظاهرات والتفاصيل المطلوب رفعها على جانبى كل ضلع وتدوينها فى دفتر الغيط.

وبذلك يتم رفع هيكل المنطقة (المضلع) من الطبيعة إلى دفتر الغيط ممثلاً فى الجدول والكروكى كما فى الشكل رقم (٩٨) وكذلك تفاصيل المنطقة ممثلة فى الأرصاد المدونة فى صفحات دفتر الغيط لكل ضلع من الأضلاع.

٦ – ولتوقيع هيكل المنطقة وبيان تفاصيل الظاهرات المرفوعة من الطبيعة على لوحة الرسم، يجرى الآتى:

* تصحح أولاً الإنحرافات الأمامية والخلفية لأضلاع الترافيرس (إذا كان هناك خطأ) بإحدى طرق التصحيح السابق ذكرها.
* نرسم شمالاً مغناطيسياً عاماً للوحة.
* نختار نقطة مناسبة لتكون موقعاً لنقطة أ. ونرسم منها إتجاه الشمال المغناطيس موازياً الشمال المغناطيسى العام. ونقيس بالمنقلة زاوية تساوى زاوية الإنحراف الأمامى للضلع أ ب من هذا الشمال المغناطيسى (بعد تصحيح الإنحرافات) ثم نمد شعاعاً طوله يساوى الضلع أ ب تبعاً لمقياس الرسم المنتخب، فتكون نهايته هى نقطة ب.
* من نقطة ب، نرسم إتجاه الشمال المغناطيسى موازياً لإتجاه الشمال المغناطيسى العام. ونقيس منه زاوية تساوى الإنحراف الأمامى للضلع ب جـ. ونمد شعاعاً طوله يساوى ب جـ على الطبيعة طبقاً لمقياس الرسم. فنحدد بذلك نقطة جـ.
* نكرر العمل فى باقى الترافيرس. فيجب أن تنطبق نقطة أ الأخيرة على نقطة أ السابق البدء منها وإلا نشأ لدينا ما يسمى بخطأ القفل.

* بعد تصحيح خطأ القفل إذا وجد «كما سنذكر فيما بعد» تجرى التحشية على كل خط من خطوط المضلع من واقع الإحداثيات والأرصاد المدونة فى دفتر الغيط للظاهرات والأهداف السابق رصدها أثناء العمل الحقلى.

* تحبر الخريطة تبعاً للرموز المختلفة للظاهرات وتمحى خطوط الإحداثيات.

تصحيح خطأ القفل :

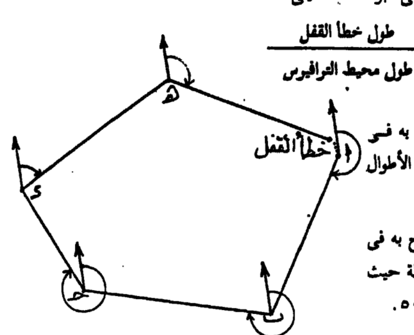
نتجة للأخطاء التى قد تحدث فى قياس الأطوال والإنحرافات ، بالإضافة إلى عدم الدقة فى التوقيع والرسم، ينتج خطأ القفل كما فى الشكل (رقم ٩٩). ويجب ألا يزيد طول خطأ القفل عن نسبة معينة من مجموع أطوال المضلع كله وإلا يعاد العمل مرة أخرى.

وخطأ القفل المسموح به فى البوصلة كما يلى :

$$\text{نسبة خطأ القفل} = \frac{\text{طول خطأ القفل}}{\text{طول محيط الترافيرس}}$$

ونسبة الخطأ المسموح به فى الأراضى الوعرة حيث تقاس الأطوال بالجنزير ١ : ٣٥٠.

ونسبة الخطأ المسموح به فى المدن والأراضى الزراعية المنبسطة حيث تقاس الأطوال بالشريط ١ : ٥٠٠.



شكل رقم (٩٩) مضلع مقفل به خطأ قفل

ويعتمد تصحيح خطأ القفل على أساس الطريقة التى إبتكرها العالم الرياضى بودتش (عام ١٨٠٧). وفيها يوزع الخطأ على كل ضلع بنسبة طوله إلى مجموع أطوال محيط المضلع.

ولتصحيح خطأ القفل، أى حتى تنطبق نقطتى البداية والنهاية على بعضهما

نجرى الخطوات التالية :

* نرسم خطاً مستقيماً مساوياً لطول محيط المضلع أ ب جـ د هـ أ، ونحدد عليه أطوال الأضلاع أ ب، ب جـ، جـ د، د هـ، هـ أَ .

* نقيم العمود أَ أً من نقطة أَ طوله يعادل طول خطأ القفل.

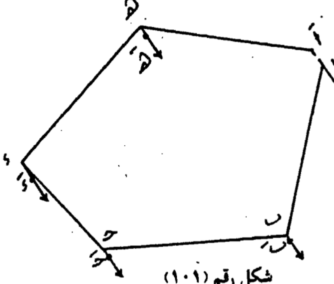
* نصل بين نقطة أ ونهاية العمود أً فيتكون لدينا مثلث.

* نقيم أعمدة من النقط ب، جـ، د، هـ ، حتى يتلاقى كل منها مع الخط أ أً. كما فى الشكل رقم (١٠٠) فتصبح هذه الأعمدة هى مقدار التصحيح أى المسافة التى يجب أن تتحركها نقط رؤوس المضلع حتى يقفل الشكل ويصبح صحيحاً.

شكل رقم (١٠٠) توزيع خطأ القفل على أضلاع الترافيرس

هـ - ولزحزحة نقط رؤوس المضلع. نرسم على المضلع خطأ القفل أ أً، وذلك برسم خط يصل بين هاتين النقطتين ونعين إتجاهه بسهم من نقطة النهاية إلى نقطة البداية.

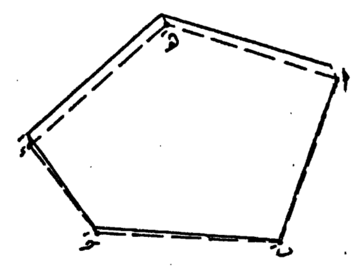
* نرسم من النقط ب، جـ، د، هـ خطوطاً توازى خطأ القفل، وفى نفس إتجاهه. ونعين على هذه الإتجاهات الأطوال ب بَ من نقطة ب، جـ جـَ من نقطة جـ، د دَ من نقطة د، هـ هـَ من نقطة هـ كما فى الشكل رقم (١٠١) وهى الأطوال السابق إستنتاجها عند رسم المثلث أ أَ أً.



شكل رقم (١٠١)

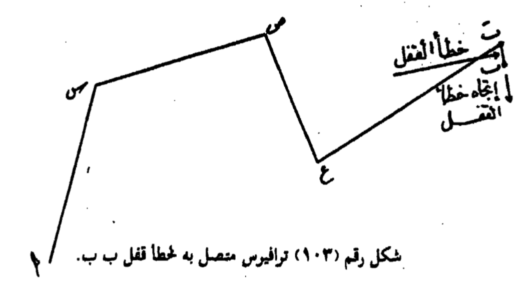
تعيين إتجاه ومقدار زحزحة رؤوس المضلع

* يتم التوصيل بين النقط أ، بَ، جـَ، دَ، هـَ ثم أ فينتج لنا المضلع مصححاً بعد تلاشي خطأ القفل. ويوضح ذلك الشكل رقم (١٠٢)



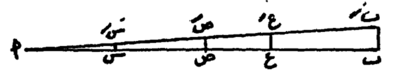
شكل رقم (١٠٢) المضلع بعد تصحيح خطأ القفل (الخطوط المتقطعة)

وفي الترافيرس المتصل، أي الذي يبدأ من نقطة وتنتهي عند نقطة أخرى غير التي بدأنا منها، والنقطتان محددتان من قبل على الخريطة أو معروف إحداثياتهما من قبل. تتخذ نفس الخطوات السابقة، كما في الأشكال الآتية (أرقام ١٠٣، ١٠٤، ١٠٥).



شكل رقم (١٠٣) ترافيرس متصل به خطأ قفل ب بَ.

حيث أن الشكل رقم (١٠٣) يوضح ترافيرس متصل بدأ من نقطة أ وانتهى إلى النقطة ب التى لم تنطبق على نقطة ب الأصلية، ماراً بالنقط الجديدة س، ص، ع والشكل رقم (١٠٤) يوضح مقدار ما تتحمله كل نقطة من النقط الجديدة س، ص، ع من الخطأ ومقدار زحزحة كل منها.



شكل رقم (١٠٤) توزيع خطأ القفل على أضلاع الترافيرس

والشكل رقم (١٠٥) يبين أضلاع الترافيرس المتصل بعد تصحيحها وزحزحة النقط الجديدة إلى سَ، صَ، عَ على التوالى.



شكل رقم (١٠٥) الترافيرس المتصل بعد تصحيحه (الخطوط المتقطعة)

وهناك طريقة أخرى لتصحيح خطأ القفل ورسم المضلع المقفول أو المتصل مصححاً، وتسمى طريقة الإحداثيات. وهى طريقة رياضية تعتمد على إعتبار أن الخطأ ناتج عن أخطاء قياس أطوال الأضلاع فقط، وسوف نشير بالتفصيل إليها عند دراستنا لتصحيح خطأ القفل للترافيرس المرفوع بجهاز التودوليت، حيث تكون الزوايا المقاسة دقيقة ولا تستخدم طريقة الإحداثيات فى تصحيح أخطاء القفل الناتجة عن الرفع بالبوصلة المنشورية نظراً لعدم الدقة فى قياس الإنحرافات المرصودة من ناحية والجهد الرياضى المبذول فى حساب المركبات الرأسية والأفقية وإحداثيات نقط الترافيرس من ناحية أخرى.

أمثلة وتمارين

أولاً : الشمال الحقيقى والمغناطي[illegible]

يرمز لكر [illegible] الشمال المغنا[illegible]ى – وهو الإتج[illegible]رى لإتجاه الشمال المغناطيسى العام للكرة الأرضية، والشمال الحقيقى أو الجغرافى – وهو الإتجاه الذى يشير إلى القطب الشمالى ويوازى خطوط الطول، برموز معينة كما فى الشكل (رقم ١٠٦) حتى يمكن التعرف عليهما بسهولة والتميز بينهما.

شكل رقم (١٠٦)

والزاوية المحصورة بين الشمال الحقيقى والشمال المغناطيسى تسمى زاوية الإختلاف المغناطيسى. وهذه الزاوية متغيرة من مكان إلى آخر على سطح الكرة الأرضية، ففى بعض الأحيان يكون إتجاه الشمال المغناطيسى شرق إتجاه الشمال الحقيقى فيعبر عن زاوية الإختلاف المغناطيسى بينهما بأنها (شرقاً) والعكس إذا كان إتجاه الشمال المغناطيسى غرب الشمال الحقيقى، فتعتبر زاوية الإختلاف المغناطيسى غرباً. كما أن زاوية الإختلاف المغناطيسى ليست ذات مقدار ثابت.

١ – تحويل الإنحرافات المغناطيسية إلى إنحرافات حقيقية:

حول الإنحرافات المغناطيسية الآتية إلى إنحرافات حقيقية بإعتبار أن درجة الإختلاف المغناطيسى هى ٥° غرباً ثم إعتبارها ٦° شرقاً. ٤٢°، ١٦٣°، ٤°، ٢٧٦°، ٣٥٦°، ٣٦٠°.

نجد أن هذا المثال ينقسم إلى جزئين، الأول بإعتبار درجة الإختلاف المغناطيسى ٥° غرباً ومعنى ذلك أن يكون إتجاه الشمال المغناطيسى غرب الشمال الحقيقى بمقدار ٥°، أما الجزء الثانى فهو على العكس، إذ أن إتجاه الشمال المغناطيسى شرق إتجاه الشمال الحقيقى بمقدار ٦°.

وبالنسبة للجزء الأول من المثال :

نختار نقطة مناسبة ثم نرسم منها إتجاه الشمال الحقيقى بعلامته المميزة، ثم نقيس بالمنقلة – مراعين أن يكون مركزها على النقطة وصفرها منطبقاً على إتجاه الشمال الحقيقى – زاوية قدرها ٥° فى إتجاه الغرب (عكس إتجاه عقرب الساعة) وبذلك نكون قد حددنا إتجاه الشمال المغناطيسى، فنقوم برسمه بعلامته المميزة.

نثبت مركز المنقلة على النقطة التى تمثل رأس زاوية الإختلاف المغناطيسى، ثم نثبت صفر المنقلة على إتجاه الشمال المغناطيسى، ثم نقيس الإنحراف ٤٢° ونمد خطاً. ولقياس الإنحراف الحقيقى لهذا االخط نقيس الزاوية بين إتجاه الشمال الحقيقى وهذا الخط فنجد أنها تنقص عن الإنحراف المغناطيسى بخمس درجات، أى تكون بالقياس = ٣٧° (شكل ١٠٧).

أى أن الإنحراف الحقيقى = الإنحراف المغناطيسى – زاوية الإختلاف المغناطيسى غرباً

∴ الإنحراف الحقيقى = ٤٢ – ٥ = ٣٧°

وعلى هذا الأساس تكون الإنحرافات الحقيقية لباقى الإنحرافات المغناطيسية بالمثال كالآتى :

١٦٣° – ٥ = ١٥٨°

٤ – ٥ = ٣٥٩° (*)

٢٧٦ – ٥ = ٢٧١°

٣٥٦ – ٥ = ٣٤١°

٣٦٠ – ٥ = ٣٥٥°

شكل رقم (١٠٧)

وبالنسبة للجزء الثانى من المثال:

نلاحظ أن إتجاه الشمال المغناطيسى سيكون شرق الشمال الحقيقى إى أن زاوية الإختلاف المغناطيسى ٦° شرقاً. فنقوم بتحديد هذه الزاوية مراعين فى ذلك أن يكون القياس بالمنقلة شرق إتجاه الشمال الحقيقى أى فى إتجاه عقرب الساعة فيتحدد بذلك إتجاه الشمال المغناطيسى. ثم نقيس من إتجاه الشمال المغناطيسى

(*) فى هذا الحالة يضاف إلى الإنحراف المغناطيسى ٣٦٠° ثم نطرح من المجموع مقدار زاوية الإختلاف المغناطيسى.

إنحرافاً قدره ٤٢° ونمد خطاً فيكون الإنحراف الحقيقى لهذا الخط عبارة عن ٤٢° + ٦° = ٤٨°. كما فى الشكل (رقم ١٠٧).

أى أن الإنحراف الحقيقى = الإنحراف المغناطيسى + زاوية الإختلاف المغناطيسى شرقاً

وعلى هذا الأساس تكون الإنحرافات الحقيقية لباقى الإنحرافات المغناطيسية كالآتى:

١٦٣ + ٦ = ١٦٩°

٤ + ٦ = ١٠°

٢٧٦ + ٦ = ٢٨٢°

٣٥٦ + ٣٦٢° = ٢° (*)

٣٦٠ + ٦ = ٣٦٦° = ٦°

٢ - التحويل من إنحرافات حقيقية إلى إنحرافات مغناطيسية :

حول الإنحرافات الحقيقية الآتية إلى إنحرافات مغناطيسة بإعتبار أن زاوية الإختلاف المغناطيسى ٧° غرباً، ثم بإعتبارها ١٠° شرقاً :

٦٢°، ٢١٥°، ٣٥٨°، ٣٦٠°، ١٠°، ٢°.

طريقة الإجابة :

نرسم إتجاه الشمال الحقيقى أولاً، ثم نقيس منه زاوية إختلاف مغناطيسى قدرها ٧° عكس إتجاه عقرب الساعة، إذ أن إتجاه الشمالا المغناطيسى غرب الشمال الحقيقى. ثم نقيس إنحرافاً قدره ٦٢° مبتدئين من الشمال الحقيقى فنعين بذلك الإنحراف الحقيقى.

وعلى هذا يكون الإنحراف المغناطيسى هو ٦٢° + ٧ = ٦٩° كما فى الشكل (رقم ١٠٨). أى أنه يضاف مقدار زاوية الإختلاف المغناطيسى (إذا كانت غرباً) فينتج الإنحراف المغناطيسى.

أى أن : الإنحراف المغناطيسى = الإنحراف الحقيقى + زاوية الإختلاف المغناطيسى غرباً

∴ ٢١٥ + ٧ = ٢٢٢°

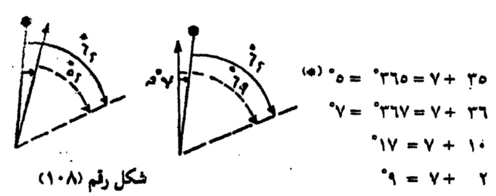
(*) يلاحظ أنه إذا زاد المجموع عن ٣٦٠° فيجب طرح ٣٦٠° أى دائرة كاملة منه كما هو موضح سابقاً.

٣٥ + ٧ = ٣٦٥° = ٥° (*)

٣٦ + ٧ = ٣٦٧° = ٧°

١٠ + ٧ = ١٧°

٢ + ٧ = ٩°



شكل رقم (١٠٨)

وبالنسبة لإعتبار زاوية الإختلاف المغناطيسى ١٠° شرقاً، يراعى أن يرسم إتجاه الشمال الحقيقى وأن يكون إتجاه الشمال المغناطيسى شرق الشمال الحقيقى وفى إتجاه عقرب الساعة والزاوية بينهما ١٠°. ولحساب الإنحراف المغناطيسى.

الإنحراف المغناطيسى = الإنحراف الحقيقى – زاوية الإختلاف المغناطيسى شرقاً

٦٢° – ١٠° = ٥٢°

٢١٥ – ١٠ = ٢٠٥°

٣٥٨ – ١٠ = ٣٤٨°

٣٦٠ – ١٠ = ٣٥٠°

١٠ – ١٠ = صفر°

٢ – ١٠ = ٣٦٢ – ١٠ = ٣٥٢°

٣ – حساب زاوية الإختلاف المغناطيسى :

الجدول التالى يبين الإنحراف الحقيقى والإنحراف المغناطيسى لبعض الخطوط، والمطلوب حساب زاوية الإختلاف المغناطيسى لكل خط.

الضلع	أ ب	س ص	ع ل	جـ د	هـ و	ح ط
الإنحراف الحقيقى	٩٢°	١٢٤°	٧°	٣٥٧°	٥°	صفر°
الإنحراف المغناطيسى	٨٢°	١٣١°	٢°	٦°	٣٥٥°	٨°

*) اذا زاد المجموع عن ٣٦٠ فيجب طرح دائرة كاملة "٣٦٠" من المجموع.

طريقة الإجابة :

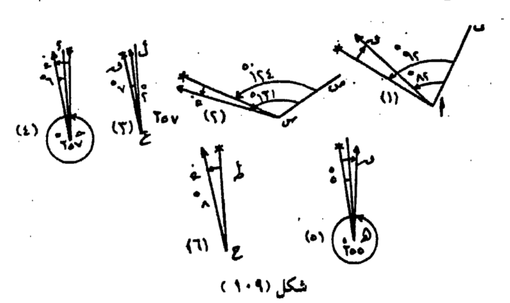
أ - بالنسبة للخط أ ب :

نرسم خطاً يمثل هذا الضلع، ثم نثبت مركز المنقلة على النقطة أ وصفرها على الضلع أ ب، ثم نقيس في ضد إتجاه عقرب الساعة زاوية قدرها ٩٢° فنحدد بذلك إتجاه الشمال الحقيقي، ثم نقيس والمنقلة في نفس الوضع زاوية قدرها ٨٢° فنحدد إتجاه الشمال المغناطيسي كما في الشكل (رقم ١٠٩ - ١).

نلاحظ أن إتجاه الشمال المغناطيسي شرق إتجاه الشمال الحقيقي بزاوية تساوى مقدار الفرق بين إنحراف الضلع عن الشمال الحقيقي والشمال المغناطيسي.

∴ زاوية الإختلاف المغناطيسي = ٩٢° - ٨٢° = ١٠°

وتمييزها شرقاً إذ أن مقدار الإنحراف الحقيقي أكبر من الإنحراف المغناطيسي.



شكل (١٠٩)

ب - بالنسبة للخط س ص :

من الشكل (رقم ١٠٩ - ٢) يتضح أو زاوية الإختلاف المغناطيسي :

= ١٣١° - ١٢٤° = ٧° غرباً

وقد أعتبرت زاوية الإختلاف المغناطيسي غرباً حيث أن الإنحراف الحقيقي أقل من الإنحراف المغناطيسي.

جـ - بالنسبة للخط ع ل :

نجد أنه من الشكل (رقم ١٠٩ - ٣).

زاوية الإختلاف المغناطيسى = ٧ - ٢ = ٥° شرقاً.

حيث أن الإنحراف الحقيقى أكبر من الإنحراف المغناطيسى فتعتبر زاوية الإختلاف شرقاً.

د - بالنسبة للخط جـ د :

زاوية الإختلاف المغناطيسى كما فى الشكل (رقم ١٠٩ - ٤).

= ٣٦٠ - ٣٥٧ = ٣ = ٦ = ٩° غرباً.

نجد أنه لما كان الخط جـ د يفصل بين إتجاه الشمال الحقيقى والشمال المغناطيسى، فقد طرح الإنحراف الحقيقى من ٣٦٠°، ويجمع الناتج على الإنحراف المغناطيسى تُنتج زاوية الإختلاف المغناطيسى وتكون غرباً حيث يتضح من الشكل أن إتجاه الشمال المغناطيسى غرب الخط جـ د وإتجاه الشمال الحقيقى شرقه.

هـ- بالنسبة للخط هـ و :

من الرسم بالشكل (رقم ١٠٩ - ٥) نجد أن زاوية الإختلاف المغناطيسى

= ٣٦٠ - ٣٥٥ = ٥ + ٥ = ١٠°

وتعتبر شرقاً حيث يتضح ذلك من الرسم.

و - بالنسبة للخط ح ط :

بما أن الإنحراف الحقيقى صفر أى أن الخط ح ط منطبقاً على إتجاه الشمال الحقيقى. فيكون إتجاه الشمال المغناطيسى غرب هذا الخط بثمانى درجات، أى غرب الشمال الحقيقى، أى أن زاوية الإختلاف المغناطيسى ٨° غرباً كما فى الشكل (رقم ١٠٩ - ٦).

ثانياً : الإنحراف الدائرى والمختصر :

الإنحراف الدائرى هو إنحراف الخط أو الضلع عن إتجاه الشمال المغناطيسى (أو الحقيقى) ويقاس دائماً فى إتجاه عقرب الساعة من صفر إلى ٣٦٠°.

أما الإنحراف المختصر فهو إنحراف الضلع عن إتجاه الشمال أو إتجاه الجنوب، مع إتجاه عقرب الساعة أو ضده، ولا يزيد بأي حال عن ٩٠° ويستخدم في حالة إيجاد النسب المثلثية.

١ – الإنحرافات الدائرية :

لإيجاد الإنحرافات الخلفية من الإنحرافات الأمامية للخطوط، يكون ذلك بإضافة ١٨٠° للإنحراف الأمامي إذا كان أقل من ١٨٠°. وتتبع نفس الطريقة إذا كان الإنحراف الأمامي هو المطلوب إيجاده من الانحراف الخلفي، (شكل ١١٠)... مثال ذلك لإيجاد الإنحرافات الخلفية للإنحرافات الدائرية ٤٢°، ٥°، ١٨٠°، ٢٣٧°، ٣٣٦°، ٣٦٠° تتبع ما يلي :

الإنحراف الخلفي: = ٤٢+ ١٨٠= ٢٢٢°

، ٥ + ١٨٠= ١٨٥°

، ١٨٠+ ١٨٠= ٣٦٠° أو صفر°

أو: ١٨٠ – ١٨٠= صفر°،

، ٢٣٧ – ١٨٠= ٥٧°

، ٣٣٦ – ١٨٠= ١٥٦°

، ٣٦٠ – ١٨٠= ١٨٠°

شكل (١١٠)

٢ – تصحيح الإنحرافات الدائرية بطريقة الجاذبية المحلية :

أ ب جـ د أ مضلع مقفل، قيست إنحرافات أضلاعه الأمامية والخلفية فكانت كالآتي :

إنحراف أ ب الأمامي ٣٠ ١٠٦° والخلفي (ب أ) ٣٠ ٢٨٥°

إنحراف ب جـ الأمامي ٣٠ ١٩٨ والخلفي (جـ ب) ٠٠ ١٨

إنحراف جـ د الأمامي ١٥ ٢٦٩ والخلفي (د جـ) ١٥ ١١٦

إنحراف د أ الأمامي ٣٠ ٣٥ والخلفي (أ د) ٣٠ ٢١٦

والمطلوب تصحيح إنحرافات أضلاع هذا المضلع الأمامية والخلفية.

طريقة الإجابة :

١- نوجد الفرق بين الإنحرافات الأمامية والخلفية لكل ضلع وتبين مقدار هذه الزيادة أو النقص عن ١٨٠° (وهو ما يسمى بالخطأ) كما في الجدول التالي :

الخط	الإنحراف الأمامي	الإنحراف الخلفي	الفرق	الخطأ
أ ب	٤٠َ ١٠٦°	(ب أ) ٤٠َ ٢٨٥°	٣٠َ ١٧٩°	- ٤٠َ ٠٠°
ب جـ	٣٠ ١٩٨	(جـ ب) ٠٠ ١٨	٣٠ ١٨٠	+ ٣٠ ٠٠
جـ د	١٥ ٢٩٦	(جـ د) ١٥ ١١٦	٠٠ ١٨٠	٠٠ ٠٠
د أ	٣٠ ٣٥	(أ د) ٣٠ ٢١٦	٠٠ ١٨١	+ ٠٠ ٠١

٢ - نبحث عن أي الأضلاع حيث الفرق بين الإنحرافين الأمامي والخلفي = ١٨٠°، فنجد أن الضلع جـ د ينطبق عليه ذلك. أي أنه لا توجد جاذبية محلية عند طرفي هذا الضلع، أي أن إنحرافات الخطوط المقاسة من نقطتي جـ، د صحيحة، وعلى هذا فإن الإنحراف جـ ب (الإنحراف الخلفي للضلع ب جـ والإنحراف الأمامي لهذا الضلع) صحيحان.

فنقوم بوضع خط تحت هذين الإنحرافين في الجدول السابق تجهيزه.

٣ - بما أن الفرق بين الإنحرافين الأمامي والخلفي للضلع د أ لا يساوي ١٨٠° تماماً. فإننا نضيف أو نطرح ١٨٠° من الإنحراف د أ (لأنه الصحيح) فينتج الإنحراف الخلفي الصحيح له.

∴ إنحراف أ د = ٣٠ َ ٣٥° + ٠٠ َ ١٨٠° = ٣٠ َ ٢١٥°

٤ - ومن الجدول السابق نجد أن الإنحراف أ د = ٣٠ َ ٢١٦°، وهذا يزيد عن الإنحراف الصحيح له بمقدار ١°. فمعنى هذا أنه عند نقطة أ توجد جاذبية محلية تؤثر على البوصلة مما يؤدي إلى زيادة في الإنحرافات قدرها ١° وهو ما يعبر عنه بقوة الجاذبية المحلية. ولذا فيجب تصحيح جميع الأرصاد.

المأخوذة من نقطة أ بهذا المقدار بالسالب. وتدون قوة الجاذبية المحلية والإنحراف المصحح للضلع أ د كما في الجدول المذكور في الصفحة السابقة. و نقوم بتدوين الإنحراف المصحح في الجدول أمام الضلع أ ب .

وعلى هذا يكون الإنحراف الخلفي للضلع أ ب الصحيح =

أو إنحراف ب أ = ١٠٥° + ١٨٠° = ٠٠َ ٢٨٥°.

ولكن الإنحراف المرصود للخط ب أ هو ٣٠َ ٢٨٥°، ومعنى ذلك أنه توجد عن نقطة ب جاذبية محلية قدرها + ٣٠َ ٠٠° ويجب طرح هذه الجاذبية من جميع الأرصاد المأخوذة من نقطة ب حيث أنها بالزيادة.

٥ – وعلى هذا يصبح إنحراف الضلع ب جـ مصححاً

= ٣٠َ ١٩٨° – ٣٠َ ٠٠° = ٠٠َ ١٩٨°

ويكون إنحرافه الخلفي أي إنحراف الضلع جـ ب

= ٠٠َ ١٩٨° – ٠٠َ ١٨٠° = ٠٠َ ١٨°.

وهذا صحيح أصلاً حيث سبق الذكر أن الإنحرافات المرصودة من نقطة جـ صحيحة لعدم وجود جاذبية محلية عند هذه النقطة.

الضلع	الإنحراف	قوة الجاذبية المحلية	الإنحراف مصححاً
جـ د	١٥َ ٢٩٦°	٠٠َ ٠٠°	١٥َ ٢٩٦°
د جـ	١٥ ١١٦	٠٠ ٠٠	١٥ ١١٦
د أ	٣٠ ٣٥	٠٠ ٠٠	٣٠ ٣٥
أ د	٣٠ ٢١٦	+٠٠ ١	٣٠ ٢١٥
أ ب	٠٠ ١٠٦	+٠٠ ١	٠٠ ١٠٥
ب أ	٣٠ ٢٨٥	+٣٠ ٠٠	٠٠ ٢٨٥
ب جـ	٣٠ ١٩٨	+٣٠ ٠٠	٠٠ ١٩٨
جـ ب	٠٠ ١٨	٠٠ ٠٠	٠٠ ١٨

٣ - تصحيح الإنحرافات الدائرية بطريقة المتوسطات :

أخذت الإنحرافات الأمامية والخلفية الآتية لمضلع مقفل، والمطلوب تصحيحها بطريقة المتوسطات.

الضلع	الإنحراف الأمامى		الإنحراف الخلفى	
أ ب	٣٧َ	١٣٧°	٤٥َ	٣١٧°
ب جـ	٥٢	٢٠٥	١٨	٢٥
جـ د	٣٠	٢٧٩	٠٠	١٠٠
د هـ	٠٠	٣٤٤	٥٦	١٦٣
هـ أ	١٠	٨٣	١٠	٢٦٣

طريقة الإجابة :

١ - بالنسبة للضلع أ ب

نوجد الفرق بين الإنحرافين الأمامى والخلفى.

٤٥ ٣١٧° - ٣٧ ١٣٧° = ٨َ٠ ١٨٠°

فنجده يزيد عن ١٨٠° بمقدار ٨َ ٠٠° وهو ما يسمى بالخطأ.

فيقسم هذا الخطأ بالتساوى ويضاف نصفه إلى الإنحراف الأمامى ويطرح النصف الآخر من الإنحراف الخلفى.

فيصبح الإنحراف الأمامى مصححاً = ٣٧َ ١٣٧° + ٤َ ٠٠° = ٤١َ ١٣٧°

والإنحراف الخلفى مصححاً = ٤٥َ ٣١٧° - ٤َ ٠٠ = ٤١َ ٣١٧°

٢ - بالنسبة للضلع ب جـ :

الفرق بين الإنحرافين الأمامى والخلفى= ٥٢َ ٢٠٥° - ١٨َ ٢٥° = ٣٤َ ١٨٠°

مقدار الخطأ = ٣٤َ ١٨٠° - ٠َ ١٨٠° = ٣٤َ ٠٠°

، نصف الخطأ = ٣٤َ ÷ ٢ = ١٧َ ٠٠°

∴ الإنحراف الأمامى مصححاً =٥٢َ ٢٠٥° - ١٧َ ٠٠° = ٣٥َ ٢٠٥°

، الإنحراف الخلفى مصححاً = ١٨َ ٢٥° + ١٧َ ٠٠° = ٣٥َ ٢٥°

٣ – بالنسبة للضلع جـ د :

الفرق بين الإنحرافين الأمامى والخلفى = ٣٠َ ٢٧٩° − ٠٠َ ١٠٠° = ٣٠َ ١٧٩°

∴ مقدار الخطأ = ٠٠َ ١٨٠ − ٣٠َ ١٧٩° = −٣٠َ ٠٠°

، نصف الخطأ = ٣٠َ + ٢ = ١٥َ ٠٠°

∴ الإنحراف الأمامى مصححاً = ٣٠َ ٢٧٩° + ١٥َ ٠٠° = ٤٥َ ٢٧٩°

، الإنحراف الخلفى مصححاً = ٠٠َ ١٠٠° − ١٥َ ٠٠° = ٤٥َ ٩٩°

٤ – بالنسبة للضلع د هـ :

الفرق بين الإنحرافين الأمامى والخلفى = ٠٠َ ٣٤٤° − ٥٦َ ١٦٣° = ٠٤َ ١٨٠°

∴ مقدار الخطأ = ٠٤َ ١٨٠° − ٠٠َ ١٨٠° = + ٠٤َ ٠٠°

، نصف الخطأ = ٠٤َ + ٢ = ٠٢َ ٠٠°

∴ الإنحراف الأمامى مصححاً = ٠٠َ ٣٤٤° − ٠٢َ ٠٠° = ٥٨َ ٣٤٣°

، الإنحراف الخلفى مصححاً = ٥٦َ ١٦٣° + ٠٩َ ٠٠ = ٥٨َ ١٦٣°

الضلع	الفرق بين الإنحرافين الأمامى والخلفى	مقدار الخطأ	الإنحراف الأمامى مصححاً	الإنحراف الخلفى مصححاً
أ ب	٠٨َ ١٨٠°	+ ٠٨َ ٠٠°	٤١َ ١٣٧°	٤١َ ٣١٧°
ب جـ	٣٤ ١٨٠	+ ٣٤ ٠٠	٣٥ ٢٠٥	٣٥ ٢٥
جـ د	٣٠ ١٧٩	− ٣٠ ٠٠	٤٥ ٢٧٩	٤٥ ٩٩
د هـ	٠٤ ١٨٠	+ ٠٤ ٠٠	٥٨ ٣٤٣	٥٨ ١٦٣
هـ أ	٠٠ ١٨٠	٠٠ ٠٠	١٠ ٨٣	١٠ ٢٦٣

ملحوظة : أعد تصحيح الإنحرافات الأمامية والخلفية بطريقة الجاذبية المحلية والتى سبق شرحها فى المثال السابق.

٤ - الإنحراف المختصر :

أوجد الإنحراف المختصر لكل من الإنحرافات الدائرية الآتية :

٤٢°- ١٥٨° - ٢٤٣° - ٣١٦°

طريقة الإجابة :

أ - الإنحراف الدائرى ٤٢°

من الشكل (١١١ - ١) نجده فى الربع الأول.

∴ إنحرافه المختصر = ش ٤٢° ق.

ب - الإنحراف الدائرى ١٥٨°

نجد أنه يقع بين ٩٠°، ١٨٠° أى فى الربع الثانى.

وعلى هذا يكون إنحرافه المختصر = ١٨٠° - ١٥٨° = ٢٢° = جـ ٢٢° ق

جـ - الإنحراف الدائرى ٢٤٣°

نجد أنه يقع بين ١٨٠°، ٢٧٠° كذلك من الشكل (١١١ - ٣).

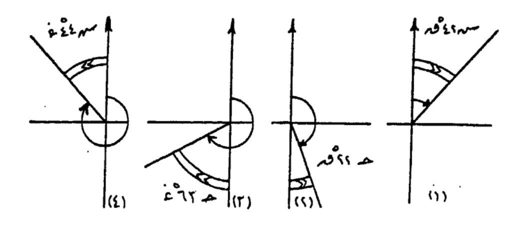
نجده يقع فى الربع الثالث.

إنحرافه المختصر = ٢٤٣° - ١٨٠° = ٦٣° = جـ ٦٣° غـ

د - الإنحراف الدائرى ٣١٦°

نجد أنه يقع بين ٢٧٠°، ٣٦٠° أى فى الربع الرابع.

∴ إنحرافه المختصر = ٣٦٠° - ٣١٦° = ٤٤° = ش ٤٤° غـ



شكل (١١١)

ثالثاً – حساب الإنحرافات الدائرية :

قيست زوايا ترافيرس مقفل أ ب جـ د هـ أ بالتيودوليت فى إتجاه ضد عقرب الساعة فكانت زواياه كالآتى: < أ = ١١٤° ، < ب = ٧٨° ، < جـ = ١٩٧° ، < د = ٤٥° ، < هـ = ١٠٦°. وكان الإنحراف الأمامى للضلع ب جـ = ٥٨°، فما هى الإنحرافات الأمامية لباقى أضلاع الترافيرس؟.

طريقة الإجابة :

أ – نبحث أولاً عما إذا كان هناك خطأ فى قيمة الزوايا المذكورة بالمثال وذلك بتطبيق القانون :

مجموع زوايا أى شكل = ق (٢ ن – ٤). حيث ق = ٩٠°، ن ؛ عدد زوايا المضلع.

∴ مجموع زوايا الشكل ذو الخمس زوايا = ٩٠ (٢ × ٥ – ٤) = ٥٤٠°

وبجمع الزوايا = ١١٤ + ٧٨ + ١٩٧ + ٤٥ + ١٠٦ = ٥٤٠°

∴ ليس هناك خطأ فى زوايا هذا الترافيرس.

ب – ولإيجاد الإنحرافات الأمامية للأضلاع نطبق القاعدة الآتية :

* إذا كان الإنحراف الدائرى أقل من ١٨٠° والمضلع فى إتجاه عقرب الساعة:

إنحراف الضلع = إنحراف الضلع السابق + ١٨٠° – الزاوية المحصورة بين الضلعين

* إذا كان الإنحراف الدائرى أكثر من ١٨٠° والمضلع فى إتجاه عقرب الساعة :

إنحراف الضلع = إنحراف الضلع السابق – ١٨٠° – الزاوية المحصورة بين الضلعين

* إذا كان الإنحراف الدائرى أقل من ١٨٠° والمضلع ضد إتجاه عقرب الساعة :

إنحراف الضلع = إنحراف الضلع السابق + ١٨٠° + الزاوية المحصورة بين الضلعين.

* إذا كان الإنحراف الدائرى أكثر من ١٨٠° والمضلع ضد إتجاه عقرب الساعة :

إنحراف الضلع = إنحراف الضلع السابق– ١٨٠° + الزاوية المحصورة بين الضلعين

وفى هذا المثال نجد أن إتجاه المضلع فى إتجاه عقرب الساعة وعلى هذا :

إنحراف ب جـ = = ٥٨°

، إنحراف جـ د = ٥٨ + ١٨٠ + ١٩٧ = ٤٣٥ – ٣٦٠ = ٧٥°

، إنحراف د هـ = ٧٥ + ١٨٠ + ٤٥ = ٣٠٠°

، إنحراف هـ أ = ٣٠٠ – ١٨٠ + ١٠٦ = ٢٢٦°

، إنحراف أ ب = ٢٢٦ − ١٨٠ + ١١٤ = ١٦٠°

، إنحراف ب جـ = ١٦٠ + ١٨٠ + ٧٨ = ٤١٨ − ٣٦٠ = ٥٨°

يلاحظ أنه إذا زاد الناتج عن ٣٦٠° فإننا نقوم بطرح هذا المقدار من الناتج إذ أن الإنحراف الدائرى لايزيد عن ٣٦٠° أى دائرة كاملة.

وبفرض أن المضلع فى هذا المثال مع إتجاه عقرب الساعة، فإن الإنحرافات الأمامية لأضلاعه تصبح على الوجه التالى.

إنحراف ب جـ = = ٥٨°

، إنحراف جـ د = ٥٨ + ١٨٠ − ١٩٧ = ٤١°

، إنحراف د هـ = ٤١ + ١٨٠ − ٤٥ = ١٧٦°

، إنحراف هـ أ = ١٧٦ + ١٨٠ − ١٠٦ = ٢٥٠°

، إنحراف أ ب = ٢٥٠ − ١٨٠ − ٧٨ = − ٤٤° (*) + ٣٦٠ = ٣١٦

، إنحراف ب جـ = ٣١٦ − ١٨٠ − ٧٨ = ٥٨°

رابعاً – الترافيرس بالبوصلة :

صحيفة الغيط الآتية (شكل ١١٢) أخذت أثناء رفع طريق بالبوصلة وبعض الظاهرات الموجودة على جانبيه. والمطلوب رسم هذا الطريق والظاهرات بمقياس ١ / ١٠٠٠، علماً بأن عرض الطريق خمسة أمتار وأن القياس كان يتم على الجانب الأيسر له مع رسم مقياس خطى.

شكل (١١٢)

* يلاحظ أنه إذا كان الناتج بالسالب، فإنه يجب إضافة دائرة كاملة إليه أى يطرح من ٣٦٠°.

طريقة الإجابة :

نبدأ أولاً برسم مضلع الترافيرس، وهو عبارة عن ترافيرس مفتوح بدليل أن صحيفة دفتر الغيط بدأت بنقطة أ و إنتهت بنقطة و.

نختار مكاناً مناسباً لنقطة أ بالنسبة للوحة التى سيرسم عليها التمرين، ثم نرسم إتجاه الشمال المغناطيسى لهذه النقطة موازيا لإتجاه الشمال المغناطيسى العام للوحة. نقيس بالمنقلة زاوية قدرها ١٤١° مرتكزين بمركز المنقلة فوق النقطة أ، ويراعى أن يكون صفر المنقلة منطبقاً على إتجاه الشمال المغناطيسى وأن يكون القياس فى إتجاه عقرب الساعة. ثم نصل بين نقطة أ والنقطة التى تحدد الزاوية ١٤١° ونمد الخط بطول ٤٢ متراً طبقاً لمقياس الرسم، فتكون نهاية هذا الخط هى نقطة ب.

من نقطة ب نقيم إتجاه الشمال المغناطيسى موازياً للإتجاه الأول السابق رسمه ، وبنفس الخطوات السابقة نقيس زاوية قدرها ٧٤° فنكون قد عينا إنحراف الضلع ب جـ ونقيس على هذا الإنحراف بعداً قدر، ٤٨ متراً فتكون نهايته هى نقطة جـ.

ونفس هذه الخطوات نتبعها فى نقطة جـ ثم نقطة د، مستخدمين الأرصاد المذكورة بدفتر الغيط، وبذلك نعين المضلع الأساسى لترافيرس.

ولرسم الظاهرات الموجودة على جانبى هذا الترافيرس نتبع الآتى :

١ – نرسم بعداً قدره خمسة أمتار عموديا على الجانب الأيمن لكل خط من خطوط المضلع ونصله على طول المضلع فنحدد بذلك عرض الطرق وجانبيه.

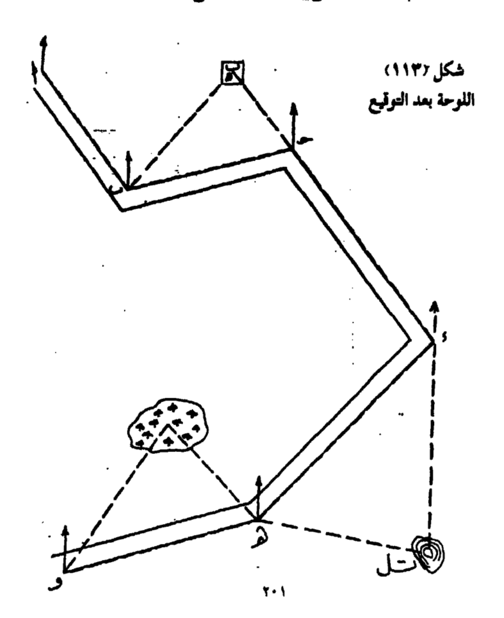
٢ – من نقطة ب نقيس إنحرافاً قدره ٤٠° من إتجاه الشمال المغناطيسى عند هذه النقطة ثم نمد خطاً فيكون فى إتجاه المئذنة. ومن نقطة جـ نقيس إنحرافاً قدره ٣٢٠° من إتجاه الشمال المغناطيسى عند النقطة جـ نرسم خطاً ليكون فى إتجاه المئذنة. والنقطة التى يتقاطع فيها هذان الإنحرافان تحدد مركز المسجد فنقوم بتوقيع أبعاده المذكورة فى دفتر الغيط.

٣ – من نقطة د نقيس إنحرافاً قدره ١٨٠° من إتجاه الشمال المغناطيسى فينتج شعاعاً متجهاً إلى التل ومن نقطة هـ نقيس إنحرافاً قدره ٩٩° من إتجاه

الشمال المغناطيسي ونعصه تلاقي هذين الشعاعين تحدد قمة التل وإذا كانت لدينا أبعاد لتحديد هذا التل يتم توقيعها.

٤ – من نقطة هـ نرسم إتجاه الشمال المغناطيسي ثم نقيس إنحرافاً قدره ٣١٤° ونمد خطاً يتجه إلى المستنقع. ومن نقطة و نرسم إتجاه الشمال المغناطيسي ونقيس إنحرافاً قدره ٣٥°، نقطة تقاطع هذين الإنحرافين يدل على مركز المستنقع وإذا كانت لدينا أبعاد لهذا المستنقع نقوم بتوقيعها.

والشكل رقم (١١٣) يوضح اللوحة بعد التوقيع.



شكل (١١٣)
اللوحة بعد التوقيع

مـثال آخـر :

الجدول الآتى عبارة عن ترافيرس مقفل تم رفعه بالبوصلة المنشورية بطريقة التقاطع الأمامى من طرفى خط القاعدة س ص وطوله ٦١ متراً. والمطلوب رسم مضلع هذا الترافيرس بمقاس رسم ١ : ١٥٠٠.

من \ إلى	س	ص	أ	ب	جـ	د	هـ	و
س	—°	٢٧٩°	٤٤°	١٥٨°	٢١٨°	٢٥٨°	٣١١°	٣٥٣°
ص	٩٩°	—°	٧٣°	١٢٧°	١٦٢°	٢٣٢°	٣٤٩°	٣٦°

طريقة الإجابة:

نوقع نقطة س فـى مكان مناسب مـن اللوحـة، ثم نرسـم منهـا إتجـاه الشمال المغناطيسى، ثم نقيس إبتـداء منـه زاوية قدرها ٢٧٩° وهى إنحراف خط القاعدة س ص، ونمد هـذا الإنحراف بطول ٦١ متراً فتكون نهايته هى ص. نرسم من نقطـة ص إتجاه الشـمال المغناطيس موازياً للإتجاه السابق رسمه من نقطـة س ، ثم نقيس إنحرافاً قدره ٩٩° من هذا الإتجاه فنجد أنه ينطبق على الخط ص س، إذ أن هذا الإنحراف هو الإنحراف الخلفى للخط س ص (٢٧٩ - ٩٩ = ١٨٠°).

نثبت مركز المنقلة على نقطة س وصفرها على إتجاه الشـمال المغناطيسـى ثم نقيـس الإنحرافات ٤٤° فى إتجاه نقطة أ، ١٥٨° فى إتجاه نقطة ب، ٢١٨° فى إتجاه نقطة جـ، ٢٥٨° فى إتجاه نقطة د، ٣١١° فى إتجاه نقطة هـ، ٣٥٣° فى إتجاه نقطة و على التوالى. مع مراعاة أن يكون قياس هذه الإنحرافات إبتداء من إتجاه الشمال وفى إتجاه عقرب الساعة بالنسبة لكل زاوية.

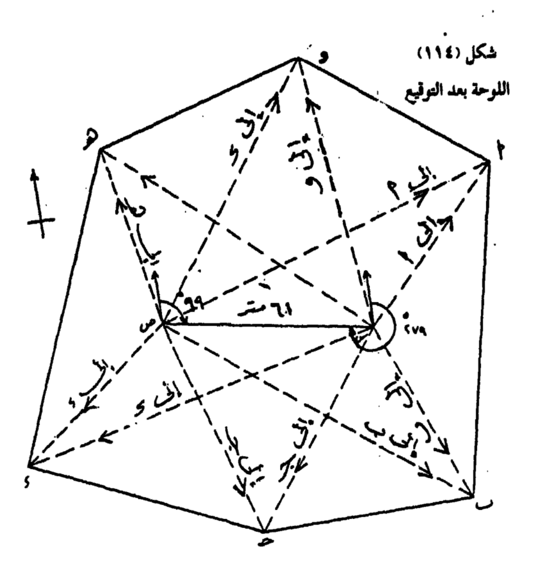
ثم ننقل المنقلة إلى نقطة ص، وبعد تثبيت إتجاه صفرها على إتجاه الشمال المغناطيسي، نقيس الإنحرافات ٧٣° في إتجاه نقطة أ، ١٢٧° في إتجاه نقطة ب، ١٦٢° في إتجاه جـ، ٢٣٢° في إتجاه د، ٣٤٩° في إتجاه نقطة هـ، ٣٦° في إتجاه نقطة و.

نقطة تلاقي شعاعي إنحراف نقطة أ من س، وإنحرافها من ص تكون هي نقطة أ الحقيقية وكذلك الحال بالنسبة لباقي نقط رؤوس المضلع.

نصل بين هذين النقط فيتم بذلك رسم الترافيرس كما في الشكل (رقم ١١٤).

شكل (١١٤)

اللوحة بعد التوقيع



تمـارين

١ – حول الإنحرافات الحقيقية الآتية إلى إنحرافات مغناطيسية بإعتبار أن زاوية الإختلاف المغناطيسى ٩° شرقاً، ثم بإعتبارها ١٢° غرباً.

٩٨° ، ٣٧° ، ٣° ، ٣٥٧° ، ٣٦٠° ، ٢٧٥° ، ١٢° ، ٩°

٢ – حول الإنحرافات المغناطيسية الآتية إلى إنحرافات حقيقية بإعتبار أن زاوية الإختلاف المغناطيسى ٨° شرقاً، ثم بإعتبارها ٧° غرباً.

٤٣°، ١٦٦°، ١٨٢°، ٧°، ٣٥٨°، ١٧°، ٣٥٣°، ٢٧٨°.

٣ – الإنحرافات الحقيقية لعدة أماكن على الترتيب هى ٢٨١°، ١٥٦°، ٢٢°، ٣٦٠°، ٢°، ٣٥٥°، والإنحرافات المغناطيسية لها بنفس الترتيب هي : ٢٧٧°، ١٦٥°، ٢٥°، ٧°، ٣٥٨°، فما مقدار زاوية الإختلاف المغناطيسية ونوعها فى كل حالة.

٤ – الإنحرافات الأمامية للنقط ب، جـ، د، هـ، و من نقطة أ هى على الترتيب ٢١ ٤٨°، ٣٧ ١١٨°، ٢٥ ٩٩°، ٣٠ ١٨١°، ٤٥ ٣٢٩°.

والمطلوب حساب إنحرافاتها الخلفية.

٥ – الأرصاد الآتية أخذت فى ترافيرس مقفل أ ب جـ د بالبوصلة، والمطلوب إيجاد طول خطأ القفل ورسم المضلع مصححاً بمقياس ١ : ٦٠٠.

الخط	أ ب	ب جـ	جـ د	د أ
الطول بالمتر	٨٣	٨٢	١٠١	١١٤
الإنحراف الدائرى	١٩٣°	٢٧٦°	٣٥٣°	١٠٤°

٦ – الآتى (شكل ١١٥) يمثل صفحة من دفتر الغيط لترافيرس مقفل أخذ بالبوصلة بطريقة اللف والدوران. والمطلوب رسمه بمقياس ١ : ١٠٠٠٠ مع إيجاد مساحته بالأمتار المربعة ورسم مقياس خطى.

شكل (١١٥)

٧ – أ ب جـ د هـ أ مضلع ترافيرس مقفل في إتجاه عقرب الساعة وكانت زواياه بالترتيب كالآتي: < أ = ٤٢َ ٩٩°، < ب = ٣٨َ ١١٧° < جـ = ١٦َ ١٧٣°، < د = ٢٠َ ٨٥°، < هـ = ٠٤َ ٦٤°.

فإذا كان إنحراف الضلع جـ د الأمامي ٣٢َ ٨٩°، فما هي الإنحرافات الأمامية الدائرية لباقي أضلاع المضلع.

٨ – أ ب جـ د هـ و أ مضلع سداسي منتظم طول ضلعه ٧٠ متراً وجميع زواياه متساوية، وفي إتجاه ضد عقرب الساعة. فإذا كان الإنحراف الأمامي للضلع د هـ = ١٥٣°، أوجد الإنحرافات الأمامية لباقي الأضلاع.

٩ – الأرصاد الآتية أخذت في ترافيرس مفتوح أ ب جـ د هـ، والمطلوب رسم هذا الترافيرس على لوحة بمقياس ١ : ٧٥٠ ثم أوجد طول هـ أ وإنحرافه الدائري.

الخط	أ ب	ب جـ	جـ د	د هـ
الطول بالمتر	٩٥	٧٨	٤٦	٧٣
الإنحراف الدائري	١٢٢°	٣٩°	٣٣٤°	٢٥٣°

١٠ – أخذت الإنحرافات الأمامية والخلفية للمضلع المقفل أ ب جـ د هـ أ فكانت كالآتي :

الضلع	الإنحراف الأمامي		الإنحراف الخلفي	
أ ب	٤٨َ	١٤٠°	٤٨َ	٣٢١°
ب جـ	٣٢	١٦٣	١٤	٣٤٣
جـ د	٣٧	٢٤٣	٤٠	٦٢
د هـ	٢٥	٣٠٩	٢٥	١٢٩
هـ أ	٤٥	٣٢	٠٠	٢١٣

والمطلوب تصحيح هذه الإنحرافات بطريقتى المتوسطات مرة والجاذبية المحلية مرة أخرى.

١١ - الجدول الآتى عبارة عن الإنحرافات الأمامية والخلفية لترافيرس مقفل أ ب جـ د هـ أ. والمطلوب تصحيح الإنحرافات الأمامية والخلفية لهذا المضلع بطرقة الجاذبية المحلية. ثم رسم هذا المضلع بمقياس رسم مناسب مبيناً عليه الإنحرافات الأمامية المصححة للأضلاع.

الضلع	الطول بالمتر	الإنحراف الأمامي	الإنحراف الخلفى
أ ب	١١٠	°١٨٥ ′٥٦	°٥ ′١٨
ب جـ	٨٨	٢٨٤ ٠٠	١٠٤ ٠٠
جـ د	٨٦	٣٠٦ ١٢	١٢٦ ٤٤
د هـ	٩٢	٤١ ٠٠	٢٢٠ ٣٠
هـ أ	١٠٥	١٠٦ ٤٨	٢٨٧ ٢٤

١٢- أخذت الأرصاد الآتية فى ترافيرس مقفل أ ب جـ د هـ أ ، والمطلوب تصحيح هذه الإنحرافات بطريقة المتوسطات مرة وبطريقة الجاذبية المحلية مرة أخرى.

الخط	أ ب	ب جـ	جـ د	د هـ	هـ أ
الإنحراف	°١٠٠ ′٤٣	°٣٨ ′٥٢	°١٤١ ′١٢	°٢٤٥ ′٥١	°٣٢٧ ′٢٦
الخط	ب أ	جـ ب	د جـ	هـ د	أ هـ
الإنحراف	°٢٨٠ ′٣٣	°٢١٩ ′٠٠	°٣٢٢ ′٤٠	°٦٤ ′٢٥	°١٤٧ ′٢٦

١٣- أخذت الأرصاد الآتية لترافيرس مفتوح أ ب جـ د هـ و، والمطلوب إيجاد إنحراف الضلع و أ الأمامى والخلفى وطوله، مع رسم المضلع على لوحة بمقياس ١ : ١٠٠٠.

الضلع	أ ب	ب جـ	جـ د	د هـ	هـ و
الطول بالمتر	٨١	١٠١	١٠٤	١١٢	٧٢
الإنحراف الدائرى	٦٩°	١٤٣°	١٩٢°	٢٦٥°	٢٤°

١٤ - الأرصاد الآتية أخذت فى ترافيرس مقفل أ ب جـ د هـ أ ، والمطلوب إيجاد طول خطأ القفل ورسم المضلع مصححاً بمقياس ١ : ٨٠٠.

الخط	الطول بالمتر	الإنحراف الدائرى
أ ب	١٤٩°	١٩٩°
ب جـ	٩٨	٢٧٩
جـ د	١١٢	٣٥٤
د هـ	٧٣	١١٥
هـ أ	١٠٠	٦٦

١٥ - أخذت أرصاد ترافيرس مقفل أ ب جـ د أ بالبوصلة، فكانت إنحرافاته الأمامية كالآتى :

أ ب	٢٢	٧٤°
ب جـ	٣٧	١٠٧
جـ د	٥٨	٢٢٥
د أ	٢٥	٣٠٦

والمطلوب : إيجاد الإنحرافات المختصرة لهذه الإنحرافات.

١٦ – الآتى عبارة عن الإنحرافات المختصرة لترافيرس مفتوح أ ب جـ د هـ، والمطلوب معرفة الإنحرافات الدائرية لها:

أ ب جـ ٥٧َ ٨٢° غـ ، ب جـ ش ١٨َ ٢٥° غـ

جـ د ش ٣٣َ ١٨° ق ، د هـ جـ ٢٥َ ٣٧° ق

١٧ – أخذت الإنحرافات الآتية فى ترافيرس مقفل أ ب جـ د هـ و أ. والمطلوب تصحيح الإنحرافات بطريقة الجاذبية المحلية.

الخط	الإنحراف الأمامى		الإنحراف الخلفى	
أ ب	٢٠َ	٤٢°	٣٤َ	٢٢١°
ب جـ	١٠	١٠٤	٢٢	٢٨٨
جـ د	١٦	٧٣	٠٨	٢٥٢
د هـ	٥٠	٢٠٣	٤٢	٢٢
هـ أ	١٣	٢٧٩	١٣	٩٩
و أ	٢٣	٣١٦	١٣	١٣٥

١٨ – أخذت الإنحرافات الأمامية الآتية فى ترافيرس مقفل أ ب جـ د هـ أ، والمطلوب إيجاد الإنحرافات المختصرة لها:

أ ب ٣٢َ ٣٤° ، ب جـ ٥٧َ ٩٩° ، جـ د ٠٧َ ١٥٩°

د هـ ١٨َ ٢٥٨° ، هـ أ ٤٥َ ٣١١°

١٩ – الجدول الآتى يمثل بيانات ترافيرس مقفل أجرى بالبوصلة بطريقة التقاطع وكان خط القاعدة س ص طوله ٤١ متراً. والمطلوب رسم هذا المضلع مع إيجاد مساحته بالأمتار المربعة. مقياس الرسم ١ : ٨٠٠.

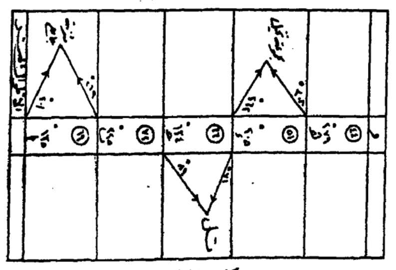
من / إلى	س	ص	أ	ب	جـ	د	هـ	و
س	—	٢٨١°	٥٦°	٣٢°	١٥°	٣٥٢°	٣٢٨°	٣٠٠°
ص	١٠١°	—	٨٣°	٥٥°	٣٣°	١٤°	٣٤٩°	٣٢٦°

٢٠ – الجدول الآتى عبارة عن إنحرافات أخذت بالبوصلة بطريقة التقاطع، وكان خط القاعدة أ ب وطوله ٧٥ متر أحد أضلاع الترافيرس.

والمطلوب رسم هذا الترافيرس بمقياس رسم ١ : ١٢٥٠.

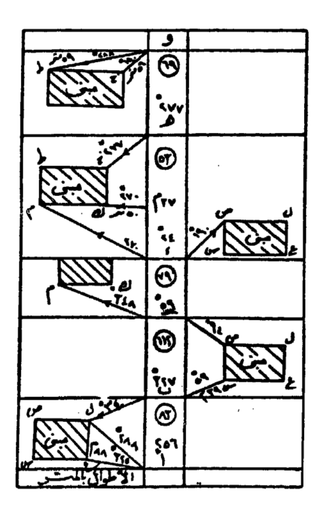
من / إلى	أ	ب	جـ	د	هـ	و	ز
أ	—	٧٥°	٤٩°	٣٩°	٣٦٠°	٣٤٢°	٣٠١°
ب	٢٥٥°	—	١٨°	٣٦٠°	٣٣٢°	٣٠٥°	٢٧٥°

٢١– الآتى (شكل ١١٦) ترافيرس مفتوح أجرى بالبوصلة لطريق عرضه ثمانية أمتار، وكان خط الترافيرس فى منتصف الطريق. والمطلوب رسم الطريق والظاهرات المرصودة على جانبيه بمقياس ١ : ٦٠٠.



شكل (١١٦)

٢٢ – صفحة دفتر الغيط الآتية (شكل ١١٧) لترافيرس مفتوح من أ إلى و بالبوصلة، والمطلوب رسم الترافيرس وإيجاد مساحة المبنى ع س ص ل والمبنى ح ك م ط بالمتر المربع وإيجاد المسافة بين نقطتى ك، ص وإنحرافها من نقطة ص، مع رسم مقياس خطى يقيس إلى ١ متر. (مقياس الرسم ١ : ٧٥٠).



شكل (١١٧)

الفصل السادس

المساحة باللوحة المستوية «البلانشيطة»

فى عمل المساحات التفريدية (التفصيلية) ذات المقاييس الكبيرة تفضل اللوحة المستوية Plane table أو فى الأعمال الهندسية الأخرى، نظراً لأنها أسهل الطرق وأسرعها، ويمكن رسم كافة التفاصيل والأهداف المطلوب رفعها من مبان وطرق ومنشآت وحدود وغيرها فى الغيط (الحقل) طبقاً لمقياس الرسم مباشرة. فإذا وجد أن هناك خطأ ما أو كانت هناك معلومات ناقصة أو ظاهرات لم يتم رفعها، فيمكن تداركها فى نفس الوقت والتحقق من صحتها أثناء العمل فى الغيط، قبل أن يترك المساح المنطقة التى يقوم بالعمل فيها. كما يمكن تلافى أخذ بيانات زائدة عن الحاجة، قد لا يحتاج إليها الغرض المرفوعة من أجله الخريطة. وبذلك يتوفر الكثير من الوقت والجهد. ويمتاز العمل باللوحة المستوية عن طرق المساحة الأخرى بقلة العمل المكتبى كثيراً.

وتستخدم اللوحة المستوية فى الأغراض الآتية :

١ - توقيع التفاصيل المختلفة الموجودة فى المنطقة بعد توقيع مضلعها الأساسى بدقة على خريطة بإستعمال التيودوليت.

٢ - إجراء المساحة الطبوغرافية خاصة الخرائط ذات مقياس ١/ ٢٥٠٠٠ أو الأكبر منها فى المقياس. وهى خرائط تبين كافة التفاصيل الطبيعية والبشرية الموجودة فى المنطقة المرفوعة.

٣ - إنشاء المضلعات أو هياكل بعض المناطق - وإن كانت لا ترقى إلى درجة كبيرة من الدقة كإستخدام المساحة التاكيومترية أو التيودوليت.

٤ - إنشاء الخرائط الكنتورية أو خرائط المناسيب، بدلاً من إستخدام الميزانية الشبكية أو المساحة التاكيومترية، خاصة فى الأراضى التى يتميز سطحها بوعورته وبعدم تموجه الخفيف.

وعموماً، فإن إستخدام اللوحة المستوية - أو «البلانشيطة» كما يطلق عليها في مصر - أكثر طرق الرفع المساحي شيوعاً وإستعمالاً وإن كانت ليست أدقها. وتستخدم كثيراً في مصر في إجراء المساحات التفصيلية ذات المقاييس الكبيرة (والتي تسمى بالمساحة التفريدية). وفي الأعمال الهندسية والمشروعات، نظراً لإعتدال المناخ وجفافه معظم أيام السنة، إلا أنه لا يمكن إستخدام اللوحة المستوية إذا كان هناك رطوبة أو أمطار، حتى لا تتأثر ورقة الرسم. كما تفضل هذه الطريقة في مصر لعدم وجود مرتفعات أو غابات تمنع الرؤية أو القياس المباشر. وتعتبر هذه الطريقة أكثر الطرق المساحية شيوعاً في إستخدامها بالنسبة للجغرافيين عندما يرغبون في رفع تفاصيل مناطق محدودة إلى خرائطهم، نظراً لما تتميز به من سرعة وسهولة في العمل وعدم الحاجة إلى إستخدام المعادلات الرياضية إلا في أضيق الحدود في بعض الحالات الخاصة.

الأدوات المستخدمة :

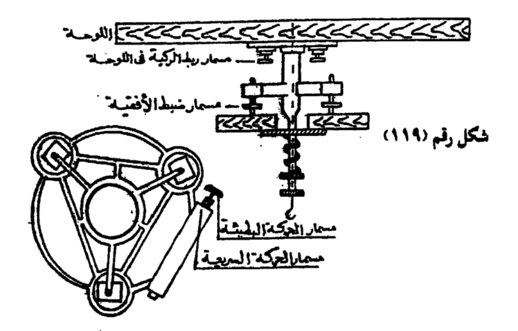
١ - اللوحة :

عبارة عن لوحة رسم من الخشب المتين، مستوية السطح تماماً، غير قابلة للإنكماش أو الإلتواء بإختلاف العوامل الجوية. وقد تصنع اللوحة من الألومنيوم في بعض الأحيان. ويتراوح أبعاد اللوحة بين ٤٠ × ٥٠ سم، ٦٠ × ٨٠ سم تقريباً. والشكل رقم (١١٨) يبين اللوحة المستوية والأدوات المستخدمة معها. واللوحة مركبة على حامل ذي ثلاث شعب (أرجل)، كل شعبة تنتهي بطرف مدبب ليسهل غرسها في الأرض.

شكل رقم (١١٨) اللوحة المستوية والأدوات المستخدمة

والغرض من ذلك تثبيت اللوحة جيداً حتى لا تميل أو تدور أثناء العمل.

وتتصل اللوحة بالحامل الثلاثى بواسطة ركبة معدنية مثلثة الشكل، بها ثلاثة مسامير محواة تسمى مسامير التسوية فى أطرافها الثلاثة. والغرض منها ضبط أفقية اللوحة. والركبة مزودة بمسمار خاص لتحريك اللوحة فى المستوى الأفقى حركة دورانية سريعة أو منعها عن الحركة تماماً (التثبيت) ومسمار آخر للحركة البطيئة -أنظر شكل رقم ١١٩).



شكل رقم (١١٩)

ويوضع على سطح اللوحة ورقة الرسم التى سترفع عليها التفاصيل الموجودة فى المنطقة. وتثبت عليها بالورق اللاصق، وتفضل المشابك المعدنية حتى يمكن نزعها وتركيبها بسهولة.

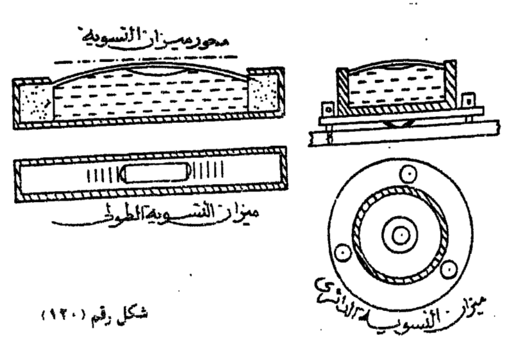
٢ - ميزان التسوية Spirit Level

وهو إما مستطيل فى أغلب الأحيان أو مستدير الشكل. ويطلق عليه (ميزان المياه) والغرض منه ضبط اللوحة تماماً على المستوى الأفقى.

والنوع الأول يتركب من أنبوبة زجاجية مستطيلة تملأ بالكحول السائل أو الإيثير أو الهيدروكربون فى معظم الأحيان خاصة البنتين Pentane كما هى الحال فى أغلب موازين التسوية الحديثة. إذ أن هذه السوائل متماسكة وأقل لزوجة

عن الماء، كما أنها سريعة الحركة فضلاً عن أن درجة تجمدها منخفضة جداً. وفى الأجهزة التى تتطلب حساسية عالية تستعمل سوائل ذات أقل لزوجة ممكنة. ويترك فى الأنبوبة فراغاً يشغله بخار السائل المستخدم، ويسمى هذا الفراغ «بالفقاعة» Bubble يتحرك مع حركة الأنبوبة وتوجد دائماً فى الجانب الأعلى منها. وعلى جانبى منتصف الأنبوبة تحفر خطوط على الزجاج على أبعاد متساوية، حتى يمكن التأكد من الوضع الأفقى لميزان التسوية عندما تكون الفقاعة فى وسط الأنبوبة. وتوضع هذه الأنبوبة فى غلاف نحاسى سطحه السفلى مستوياً تماماً وموازياً لمحور الأنبوبة. فإذا وضع ميزان التسوية على سطح أفقى ثبتت الفقاعة فى منتصف الأنبوبة، أما إذا وضع على سطح مائل إتجهت الفقاعة نحو الجانب الأعلى للأنبوبة.

وقد يكون ميزان التسوية على هيئة دائرة، وفى هذه الحالة تكون الخطوط التى تحدد وسط الدائرة عبارة عن دوائر متداخلة حتى يمكن ضبط الفقاعة داخلها. ومعظم الأجهزة المساحية مثبت بها ميزان تسوية دائرى مثل التيودوليت. وقد يلحق ميزان التسوية بالبوصلة المنشورية أو البلانيوميتر فى بعض الأحيان لضمان أفقيتهما. ويستعمل ميزان التسوية فى ضبط أفقية اللوحة المستوية قبل إجراء أى عملية رفع. والشكل رقم (١٢٠) يوضح قطاعاً طولياً ومسقطاً أفقياً لكل من ميزانى التسوية الطولى والدائرى.



شكل رقم (١٢٠)

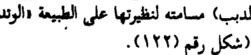
٣ - البوصلة الصندوقية Box Compass

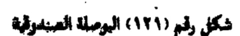
الغرض منها تحديد إتجاه الشمال المغناطيسي فقط. وهي عبارة عن إبرة مغناطيسية، ترتكز على سن مدبب لتكون حرة الحركة، مركبة داخل صندوق مستطيل الشكل من النحاس سطحه مغطى بالزجاج. ويوجد في جانبها مسمار لوقف إهتزاز الإبرة ومن ثم يسهل ضبطها. ومثبت في داخل العلبة عند طرفيها قوسان مقسمان، يبدأ صفرا تدريجهما في الوسط شكل رقم (١٢١) . وعندما يكون طرفي الإبرة منطبقين على صفري القوسين، تكون الإبرة المغناطيسية في هذه الحالة موازية لجدار العلبة.

وتستخدم البوصلة الصندوقية في تحديد إتجاه الشمال المغناطيسي على اللوحة فقط. وذلك بتحريك الصندوق حتى يصبح سنا الإبرة المغناطيسية عند صفري القوسين، فنرسم خطاً بالقلم الرصاص على ورقة الرسم موازياً لجدار العلبة ليبين إتجاه الشمال المغناطيسي. ويراعى عند وضع البوصلة الصندوقية على اللوحة أن يكون إتجاه القطب الشمالي للإبرة في إتجاه الشمال المغناطيسي تقريباً.

٤ - برجل التسامت Plumbing Fork

ويسمى أيضاً شوكة الإسقاط. وهي عبارة عن إطار معدني على شكل حرف U . الطرف العلوي مدبب على شكل سهم ليشير إلى مكان النقطة (الوتد) المسامت عليها اللوحة، على ورقة الرسم. والطرف السفلي به ثقب أو خطاف، يتدلى منه خيط شاغول ينتهي بثقل الشاغول، ليشير إلى مكان نفس النقطة على الطبيعة (الوتد). بحيث يكون الوتد وخيط الشاغول وطرف السن المدبب على خط رأسي واحد عمودي على سطح الأرض وسطح اللوحة. وفي هذه الحالة تصبح النقطة الموجودة على سطح اللوحة (أمام السن المدبب) مسامته لنظيرتها على الطبيعة «الوتد». (شكل رقم (١٢٢).



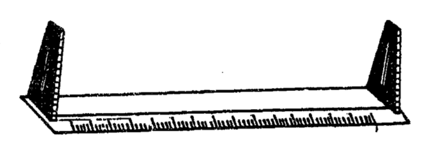


٥ – الأليداد Alidade



شكل رقم (١٢٢) بوجل التسامت

وهو أهم الأدوات المستخدمة فى إجراء المساحة باللوحة المستوية وله أنواع متعددة.والأليداد فى أبسط أنواعه عبارة عن مسطرة من الخشب ذات قائمين فى نهايتيها، تسمى مسطرة التوجيه أو «العضادة»، وبأحد القائمين فتحة طولية أوشرخ وبالقائم الثانى المقابل شباك به شعرة طولية من السلك. والخط الواصل بين الشعرة والشرخ عبارة عن خط النظر ويكون موازياً لحافة المسطرة شكل رقم (١٢٣) إلا أن مثل هذا النوع غير دقيق ولا يستعمل إلا فى الأرصاد القصيرة المدى وغير الدقيقة.



شكل رقم (١٢٣) مسطرة التوجيه (العضادة)

أما الأليداد الحديث أو الأليداد التلسكوبى فهو عبارة عن مسطرة من الصلب أو الألومنيوم ذات حافة مستقيمة عليها مسطرة متوازيات متحركة، يمكن تغيرها فى بعض الأنواع بمساطر مختلفة ذات مقاييس رسم تختلف تبعاً لمقياس الرسم المنتخب.أثناء العمل فى الحقل (شكل رقم ١٢٧).

ومثبت على المسطرة حامل عمودى عليها، له ميزان تسوية ومسمار لضبطه رأسياً تماماً وفى أعلاه منظار تلسكوبى يدور حول محور أفقى بحيث أنه عند ضبط أفقية اللوحة تصبح مسطرة الأليداد أفقية أيضاً والقائم رأسى تماماً. والمنظار يدور فى مستوى رأسى وخط نظره موازياً لحافة المسطرة.

ويستعمل الأليداد فى رصد النقط والأهداف وبيان إتجاهاتها فى الطبيعة

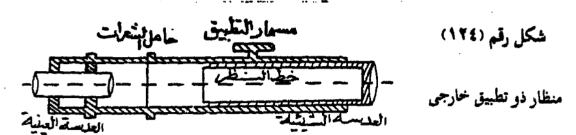
على سطح اللوحة. ويتصل بالمنظار دائرة رأسية مركب عليها ورنية لقياس الزوايا الرأسية للأهداف المرصودة إرتفاعاً أو إنخفاضاً. ويمكن إستخدام الأليداد والدوائر الرأسية فى إجراء المساحة التاكيومترية.

ونظراً لأهمية الأليداد ولما كانت معظم الأجهزة المساحية مزودة بمنظار تلسكوبى يساعد على رؤية صورة واضحة للهدف البعيد، لذا كان ضرورياً أن نلم إلماماً تفصيلياً بالمنظار وأنواعه وفكرته. ومنظار الأليداد - ومعظم الأجهزة المساحية نوعان :

أ - المنظار ذو التطبيق الخارجى : Exteranl Focusing

ويتكون من أسطوانتين تتحرك إحداهما داخل الأخرى على محور أفقى واحد (شكل رقم ١٢٤). فالأسطوانة الداخلية تنزلق بإحكام داخل الأسطوانة الخارجية فى حدود من ثلاثة إلى خمسة سنتيمترات. وفى طرفى الأسطوانة الداخلية توجد عدسة مركبة تتكون من عدستين متلاصقتين إحداهما محدبة وأخرى مقعرة - تسمى العدسة الشيئية - والغرض منها الحصول على صورة حقيقية مصغرة للمرئيات البعيدة. وفى الطرف الثانى من الأسطوانة الخارجية توجد عدسة مركبة، تتكون من عدستين (كل منهما محدبة من ناحية ومسطحة من الناحية الأخرى) على بعد معين من بعضهما - وتسمى بالعدسة العينية. والغرض منها تكبير صورة الهدف التى تكونها العدسة الشيئية.

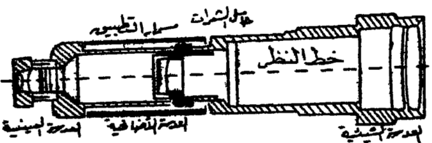
شكل رقم (١٢٤)



منظار ذو تطبيق خارجى

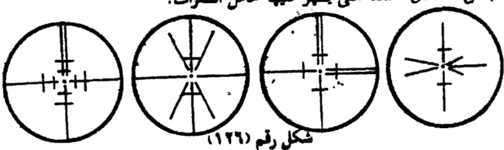
ب - المنظار ذو التطبيق الداخلى : Internal Focussing

ويتمثل فى أغلب المناظير الحديثة. ولا يختلف فى تركيبه عن المنظار ذو التطبيق الخارجى، فيما عدا العدسة الشيئية، فإنها ثابتة لا تتحرك عند طرف أنبوبة المنظار، ويحدث التطبيق بواسطة عدسة إضافية مركبة تتحرك عن طريق مسمار التطبيق لتوضح صورة الهدف. شكل رقم (١٢٥).



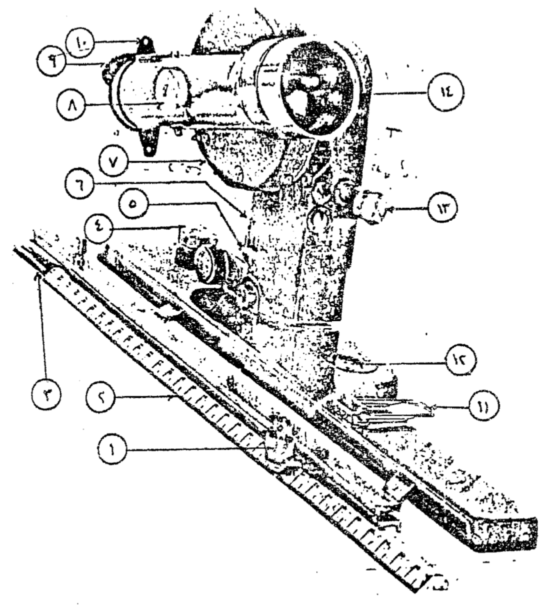
شكل رقم (١٢٥) المنظار ذو التطبيق الداخلى

وعلى مسافة صغيرة من العدسة العينية يوجد حامل الشعرات، والغرض منه تحديد محور المنظار لتقع عليه صورة الأهداف المرصودة. وحامل الشعرات عبارة عن حلقة من النحاس تثبت فى مكانها داخل أسطوانة المنظار بطريقة معينة تسمح بتحريك حامل الشعرات أفقياً ورأسياً وأيضاً حركة دورانية حول محوره الأفقى، والشعرات تظهر مكبرة عند رؤيتها خلال العدسة العينية. ويزود حامل الشعرات بشعرتين متعامدتين إحداهما رأسية والأخرى أفقية وشعرات إضافية تستخدم فى أغراض أخرى تبعاً لإستخدام الجهاز. وشكل رقم (١٢٦) يوضح بعض الأشكال المختلفة التى يظهر عليها حامل الشعرات.



شكل رقم (١٢٦)

وهناك وسائل مختلفة لاعداد هذه الأشكال التى يظهر عليها حامل الشعرات ومنها خيوط العنكبوت، وقد قل إستخدامها فى الوقت الحاضر لحساسيتها الكبيرة وتعرضها المستمر للقطع والإرتخاء بالرطوبة فضلاً عن صعوبة تركيبها. وقد تصنع خطوط حامل الشعرات عن طريق الحفر على لوح رقيق من الزجاج المصنفر. وتمتاز بأن الوضع النسبى بين الخطوط لا يتغير كما فى حالة خيوط العنكبوت. ويعتبر هذا النوع أفضل وأدق الأنواع ويستخدم فى معظم الأجهزة الحديثة وإن كان عيبه أنه يحتاج إلى تنظيف مستمر. أما الوسيلة الثالثة لصنع حامل الشعرات ، فهى عبارة عن أسلاك معدنية رفيعة من البلاتين، وهى أحسن الأنواع على الإطلاق للأعمال المساحية الدقيقة ولا تتعرض كثيراً للكسر وتغنى عن إستعمال الزجاج وتظل مضبوطة لسنوات عديدة.



شكل رقم (١٢٧) أليداد وايلد WILD طراز RKI

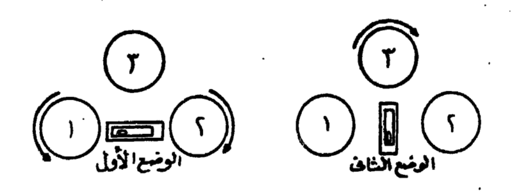
١ – سن توقيع الإتجاهات.
٢ – مسطرة التوقيع (تتغير تبعاً لمقياس الرسم).
٣ – مسطرة التوازى المتحركة.
٤ – مسمار ضبط المحور الرأسى للأليداد.
٥ – ميزان مياه طولى لضبط المحور الرأسى.
٦ – حامل المنظار.
٧ – الدائرة الرأسية لقياس زوايا الميل.
٨ – مسمار التطبيق لضبط وضوح الصورة.
٩ – العدسة العينية للمنظار.
١٠ – ثقب للضبط التقريبى بالعين المجردة.
١١ – مشبك لتثبيت مسطرة التوازى بحافة الأليداد
١٢ – ميزان مياه دائرى.
١٣ – مسمار حركة المنظار إلى أعلى أو الى أسفل.
١٤ – العدسة الشيئية للمنظار.

إستخدام اللوحة المستوية :

عند إستخدام اللوحة المستوية فى الحقل يجب أن تتوفر الشروط الثلاثة الآتية:

١- أفقية اللوحة :

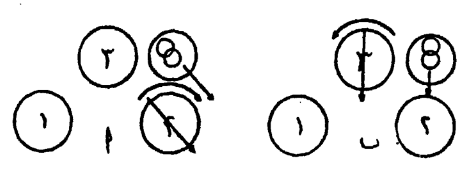
بعد تثبيت أرجل الحامل فى الأرض جيداً، مع مراعاة جعل اللوحة المستوية أفقية تقريباً بالنظر، نضع ميزان التسوية الطولى على سطح اللوحة موازياً لمسمارين من مسامير التسوية (المسمارين ١ ، ٢ - شكل رقم ١٢٨) ويدار المسمارين معاً إما إلى الداخل أو إلى الخارج حتى تصبح الفقاعة فى منتصف مجراها. ومعنى ذلك أننا نرفع اللوحة من جهة ونخفضها من جهة أخرى حتى تصبح أفقية فى إتجاه المحور الطولى للميزان ويتحمل كل مسمار من هذين المسمارين نصف الخطأ بدلاً من أن يتحمله مسمار واحد منهما. ثم ندير ميزان التسوية حتى يأخذ وضعاً متعامداً على وضعه الأول وتضبط الفقاعة بتحريك مسمار التسوية الثالث، كما هى الحال فى الوضع الثانى - شكل رقم (١٢٨) . ونكرر هذه العملية عدة مرات حتى تظل الفقاعة فى منتصف مجراها فى جميع أوضاع ميزان التسوية.



شكل رقم (١٢٨) ضبط أفقية اللوحة المستوية بميزان التسوية الطولى

أما فى حالة إستخدام ميزان التسوية الدائرى، فإننا ندير مسمار التسوية الذى يعمل مع مركز الجهاز فى نفس الإتجاه الواجب تحريك الفقاعة عليه. ففى الشكل (١٢٩ - أ) يدار مسمار التسوية رقم ٢ فى إتجاه عقرب الساعة حتى

تصبح الفقاعة والدائرة (التى يجب أن تدخل فيها الفقاعة عندما يكون ميزان التسوية أفقيا) على خط عمودى على الخط الواصل بين المسمارين ١، ٢ (شكل رقم ١٢٩ – ب) . ثم ندير مسمار التسوية رقم ٣ ضد إتجاه عقرب الساعة فنلاحظ تحرك الفقاعة حتى تدخل فى دائرة مركز ميزان التسوية، عندئذ تصبح اللوحة أفقية.



شكل رقم (١٢٩) ضبط أفقية اللوحة المستوية

بإستخدام ميزان التسوية الدائرى

٢ – التسامت : Centering

بعد ضبط أفقية اللوحة المستوية، نضع برجل التسامت فوق اللوحة، ونعلق خيط الشاغول وثقله الأسفل. نحرك البرجل فوق اللوحة حتى يصير سن الشاغول فوق مركز الوتد تماماً. عندئذ نضغط بسن القلم الرصاص عند نهاية الطرف العلوى المدبب للبرجل فتتعين بذلك نقطة على ورقة الرسم مسامته تماماً للنقطة الموجودة فى الطبيعة أسفلها (الوتد).

ويجب أن نأخذ فى الإعتبار، عند وضع اللوحة المستوية، أن تكون النقطة التى سنسامت عليها من الطبيعة إلى سطح اللوحة، فى وضع مناسب بالنسبة للمنطقة وتسمح برفع التفاصيل والأهداف المطلوبة داخل حدود ورقة الرسم المثبتة على اللوحة ولا تخرج منها.

٣ – التوجيه الأساسى : Orientation

وهو توجيه اللوحة المستوية بطريقة معينة سنتكلم عنها بالتفصيل فيما بعد، حتى تكون الظاهرات المبينة على الخريطة المثبتة على سطح اللوحة المستوية، موازية ومطابقة لنظائرها الموجودة فى الطبيعة.

طرق الرفع باللوحة المستوية

هناك طرق مختلفة لإجراء المساحة باللوحة المستوية، يختار منها الملائم لطبيعة المنطقة المراد رفعها بعد معاينتها. فقد تكون المنطقة ذات سطح مستوى تقريباً وعوائق الرؤية أو القياس قليلة، وقد تكون وعرة السطح أو شديدة التضرس والعقبات التى تمنع الرؤية أو القياس كثيرة. وقد يكون الهدف من المساحة رفع مضلعات أو ترافيرس فقط أو رفع التفاصيل والأهداف فقط أو الإثنين معاً. لذلك تعددت طرق الرفع باللوحة المستوية. وهذه الطرق بعضها لا يستخدم إلا لرفع المضلع الأساسى أو الترافيرس فقط (طريقة اللف والدوران وطريقة التقاطع العكسى) وبعضها لرفع التفاصيل فقط (طريقة الثبات أو الإشعاع) والبعض الآخر لرفع المضلعات والتفاصيل معاً (طريقة التقاطع الأمامى). وقد تستخدم أكثر من طريقة فى هذه الطرق فى رفع المنطقة وذلك تبعاً لطبيعة سطح الأرض وإتساع المنطقة المرفوعة.

١ - طريقة الإشعاع : Radiation

وهى أكثر الطرق إنتشاراً وأهمها لرفع التفاصيل والأهداف بإستخدام اللوحة المستوية وهذه الطريقة تستخدم وحدها لرفع المضلع أو الترافيرس وكذلك التفاصيل الموجودة فى الطبيعة فى حدود ما يمكن رؤيته من الأهداف. ويمكن إستخدام هذه الطريقة فى الحالات الآتية :

* عندما يمكن رؤية جميع النقط سواء كانت للمضلع أو للتفاصيل من نقطة واحدة مختارة، حتى ولو كانت هذه النقطة إحدى نقط المضلع نفسه فى حالة رفع المضلعات. ويفضل أن تكون هذه النقطة فى مكان متوسط داخل المنطقة المراد رفعها.
* عندما يمكن قياس المسافات بين هذه النقطة المختارة وبين نقط التفاصيل أو رؤوس المضلع مباشرة، دون وجود عوائق أو عقبات تعوق القياس المباشر. أما إذا كان تقدير المسافات بالقياس التاكيومترى (غير المباشر) فيكون إستعمال طريقة الثبات فى هذه الحالة مناسباً جداً.

طريقة العمل :

١ - إذا كان المطلوب رفع منطقة محددة بالأهداف أ، ب، جـ.... ح، ط مثلاً.

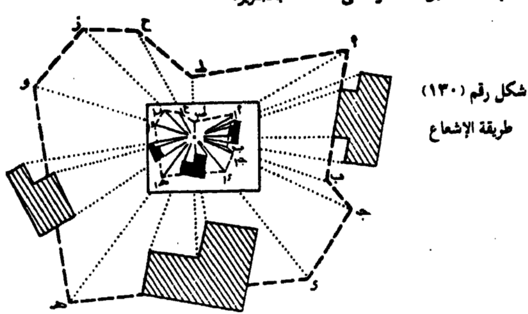
نبدأ بإختيار نقطة مناسبة تتوسط المنطقة حيث يمكن منها رؤية جميع هذه الأهداف.

٢ – نثبت اللوحة المستوية فوق النقطة المختارة ونضبط أفقية اللوحة المستوية. نرفع هذه النقطة (ولتكن س) على اللوحة المستوية بواسطة برجل التسامت (س١) مع ملاحظة أن تكون اللوحة المستوية مربوطة جيداً حتى لا تلف حول محورها الرأسي أثناء العمل. (شكل رقم ١٣٠).

٣ – نوجه منظار الأليداد إلى الهدف أ، مع مراعاة أن يكون حرف مسطرة الأليداد مماساً للنقطة س١ والشعرة الرأسية تنصف الهدف أ. نرسم شعاعاً على حافة المسطرة مبتدئاً من نقطة س١ في إتجاه الهدف أ. نقيس طول الإتجاه س أ في الطبيعة بالشريط ونوقع هذا الطول على الشعاع السابق رسمه على اللوحة طبقاً لمقياس الرسم المنتخب فتتعين نقطة أ١ المقابلة للهدف أ في الطبيعة.

٤ – نكرر نفس العمل بالنسبة لباقي الأهداف أو التفاصيل المراد رفعها فتنتج لنا في النهاية خريطة للمنطقة. عليها المضلع الأساسي والتفاصيل.

٥ – ولتحقيق العمل، تقاس بعض الأطوال في الطبيعة وتقارن بأطوالها في الرسم، فإذا إتفقت في حدود المسموح به، ترفع كافة التفاصيل بطريقة الإشعاع. وقد تكمل بعض التفاصيل بطريقة التحشية على الأضلاع القريبة منها كما سبق أن ذكرنا في المساحة بالجنزير.



شكل رقم (١٣٠)
طريقة الإشعاع

ملاحظات على طريقة الإشعاع :

أ - تمتاز هذه الطريقة بالإستغناء عن عملية التوجيه الأساسى وهى عملية مجهدة وتأخذ وقتاً طويلاً.

ب- تعتبر هذه الطريقة من أسرع الطرق، إذا كانت جميع النقط والأهداف المرصودة لا تبعد عن مكان الجهاز بأكثر من طول الشريط المستعمل.

جـ- لا ينتج عنها خطأ القفل نتيجة للتمركز فى نقطة واحدة متوسطة للمنطقة، وإن كان ينتج عنها بعض الأخطاء الناتجة من القياس نفسه، خاصة إذا كانت الأطوال الكبيرة.

د - لو حدث خطأ فى توجيه خط النظر نحو أى هدف أو حدث خطأ فى قياس أى إتجاه فلا يمكن إكتشافه، ولذلك يجب العناية والدقة أثناء العمل مع إجراء عملية التحقيق بعد رصد كل بضعة أهداف.

٢ - طريقة اللف والدوران : Traverse

تستخدم طريقة اللف والدوران فى رفع المضلعات أو الهياكل فقط، لذا تسمى أيضاً فى بعض الأحيان بطريقة الترافيرس. وفى هذه الطريقة ننتقل باللوحة المستوية من نقطة إلى التى تليها من نقط رؤوس المضلع. أما التفاصيل فيتم رفعها بعد ذلك بطريقة الإشعاع بعد رسم المضلع الأساسى وتصحيحه. كما تستخدم هذه الطريقة أيضاً فى رفع الطرق والسواحل والقنوات، حيث تختار نقط المضلع عند الإنحناءات، وتوقع التفاصيل على جانبى الطريق بواسطة التحشية (المساحة بالجنزير)، أما المبانى فتوقع بطريقة الإشعاع.

وتستخدم هذه الطريقة فى الحالات الآتية :

* عندما يمكن إحتلال كل نقطة من رؤوس المضلع باللوحة المستوية.
* عندما يمكن قياس جميع أطوال خطوط المضلع قياساً مباشراً.
* يتحتم إستعمال هذه الطريقة، عندما لا ترى كل نقطة من رؤوس المضلع باقى النقط الأخرى بسبب إتساع المنطقة المرفوعة، ووجود موانع الرؤية. ويشترط أن ترى كل نقطة النقطتين المجاورتين لها من رؤوس المضلع السابقة والتالية.

طريقة العمل :

١ - ننتخب نقط رؤوس المضلع المحيط بالمنطقة المراد رفعها، وليكن أ ب جـ د هـ، ثم نقيس أطوال أضلاعه بدقة.

٢ - نضع اللوحة المستوية فوق نقطة ولتكن أ. وبعد ضبط أفقية اللوحة وربطها جيداً، نعين على اللوحة (أ١) بإستخدامٍ برجل التسامت، بحيث تكون فى مكان مناسب من اللوحة بالنسبة لشكل المضلع كله.

٣ - نعين إتجاه الشمال المغناطيسى فى ركن من أركان اللوحة المستوية بواسطة البوصلة الصندوقية لتساعد بعد ذلك فى إجراء عملية التوجيه الأساسى عند تثبيت اللوحة المستوية فى النقط الأخرى من رؤوس المضلع.

٤ - نضع الأليداد بحيث تمر حافة مسطرته بالنقطة أ١ ونوجهه فى إتجاه النقطة ب حتى يتم رصدها بالمنظار. ونرسم الشعاع أ١ ب١ طوله يساوى طول أ ب على الطبيعة تبعاً لمقيا الرسم المنتخب.

٥ - ننتقل باللوحة المستوية إلىَ نقطة ب، ونسامت عليها بالتقريب مع مراعاة وضع اللوحة فى وضع مناسب بالنسبة لشكل المضلع. وبعد ضبط أفقية اللوحة المستوية تبدأ فى إجراء عملية <u>التوجيه الأساسى</u> أى :

* يكون الضلع ب١ أ١ منطبقاً وموازياً لنظيرة على الطبيعة ب أ.

* نكون نقطة ب١ السابق توقيعها على اللوحة (أثناء إحتلال النقطة أ) مسامته على نظيرتها ب فى الطبيعة.

* يكون إتجاه الإبرة المغناطيسية موازياً على نظيره السابق رسمه على اللوحة.

ويتم ذلك على النحو التالى :

* نضع حافة مسطرة الأليداد على الشعاع ب١ أ١، ونفك مسمار الحركة الدورانية للوحة المستوية الموجودة بالركبة، وندير اللوحة حتى نرصد نقطة أ فى الطبيعة ثم نربط المسمار.

* نضع برجل التسامت بحيث يلامس سنه العلوى النقطة ب١ على اللوحة، فيجب أن يكون ثقل الشاغول مسامتاً فوق نقطة ب.

* فإذا كان الأمر كذلك تمت عملية التوجيه الأساسى، وللتأكد نضع البوصلة الصندوقية بحيث ينطبق جدارها على إتجاه الشمال المغناطيسى السابق رسمه ونلاحظ الإبرة المغناطيسية التى ينطبق طرفاها على منتصف القوسين الشمالى والجنوبى.

أما إذا كانت المسافة بين ثقل الشاغول ونقطة ب صغيرة ولا تتعدى ٣ - ٤ سم أى أن عملية التوجيه الأساسى غير سليمة، فى هذه الحالة نفك مسمار ربط الركبة فى الحامل الثلاثى، ونحرك اللوحة المستوية بالكامل، مع النظر - فى نفس الوقت - فى منظار الأليداد نحو النقطة أ والمحافظة على ثبات خط النظر إلى أ وإنطباقه على الشعاع ب١ أ١ حتى تصبح نقطة ب١ مسامته على نظيرتها ب فى الطبيعة، عندئذ نربط مسمار الركبة فى الحامل الثلاثى.

نعيد عملية ضبط اللوحة المستوية التى تكون قد تأثرت قليلاً (نتيجة فك الركبة من الحامل الثلاثى) ونفك مسمار الحركة الدورانية للوحة المستوية ونوجه الأليداد نحو نقطة أ بحيث تكون حافة مسطرة الأليداد منطبقة على الإتجاه ب١ أ١، ثم نربط المسمار ونسامت نقطة ب١ على الورق على نقطة ب أسفلها فى الطبيعة فتتحقق بذلك عملية التوجيه الأساسى.

أما إذا كانت المسافة بين ثقل الشاغول ونقطة ب تزيد عن ٣ - ٤ سم أو طاقة حركة المحور الرأسى للركبة داخل الدائرة الموجودة بالحامل الثلاثى، ففى هذه الحالة نرفع الحامل باللوحة المستوية بالكامل ونحرك قليلاً فى إتجاه نقطة ب، حتى يسامت ثقل الشاغول على نقطة ب (مع ثبات سن برجل التسامت على نقطة ب١) ومراعاة أن تكون اللوحة أفقية بقدر الإمكان مع المحافظة على التوجيه إلى نقطة أ بقدر الإمكان أيضاً. ثم نثبت أرجل الحامل الثلاثى جيداً وتضبط أفقية اللوحة المستوية بدقة وتعاد عملية التوجيه السابق ذكرها آنفاً حتى نتأكد من :

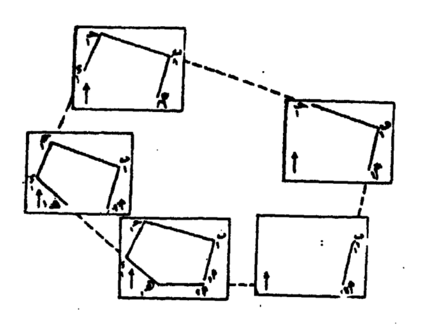
* مسامته نقطة ب١ على نظيرتها فى الطبيعة (ببرجل التسامت).

* إنطباق الشعاع ب١ أ١ على نظيرة فى الطبيعة (بالأليداد).

* إنطباق إتجاه الإبرة المغناطيسية على إتجاه الشمال المغناطيس (بالبوصلة الصندوقية).

٦ – من نقطة ب على اللوحة المستوية، نوجه الأليداد إلى نقطة جـ١ ونرسم شعاعاً إليها ونعين عليه الطول ب١ جـ١ طبقاً لمقياس الرسم المستخدم، فنعين نقطة جـ١.

٧ – ننتقل إلى نقطة جـ، ونجرى عملية التوجيه الأساسى بالرصد على نقطة ب، كما سبق أن ذكرنا (بند رقم ٥)، ومن ثم نحدد نقطة د١ على اللوحة، وهكذا حتى ننتهى إلى نقطة هـ ونوجه على نقطة أ. شكل رقم (١٣١).



شكل رقم (١٣١) طريقة اللف والدوران (الترافيرس)

٨ – عند الوصول إلى نقطة هـ والتوجيه منها إلى النقطة أ، نلاحظ أنه – إذا كان العمل دقيقاً – فإن الشعاع المرسوم من هـ١ فى إتجاه أ ينتهى عند نقطة أ١، بعد قياس طول الضلع هـ أ عليه تبعاً لمقياس الرسم. وهذا يتم فى أحوال نادرة خاصة إذا كان المساح ماهراً وله خبرة طويلة فى إستخدام هذه الطريقة ودقيقاً فى عمله. ولكن فى معظم الأحيان، نلاحظ أن الشعاع هـ١ أ١ لا ينتهى عند نقطة أ١ الموقعة عند بدء العمل وهو ما يسمى بخطأ القفل. يصحح خطأ القفل إذا كان مسموحاً به (راجع

في ذلك كيفية تصحيح خطأ القفل التى سبق أن أشرنا إليها [1].

٩ - بعد رسم المضلع مصححاً على اللوحة، نبدأ فى رفع التفاصيل. وذلك بإحتلال كل نقطة من نقط الترافيرس وتوجيه اللوحة توجيهاً أساسياً بالنسبة للنقطة السابقة لها والنقطة اللاحقة لها. فمثلاً إذا كانت اللوحة موضوعة فوق النقطة جـ، فيجب أن يكون الشعاع جـ١ ب١ منطبقاً على خط النظر جـ ب وكذلك الحال بالنسبة للشعاع جـ١ د١ وخط النظر من جـ إلى د، وفى نفس الوقت تكون جـ مسامته على جـ تماماً.

١٠ - بعد إجراء عملية التوجيه الأساسى فوق النقطة المحتلة، نبدأ فى رفع التفاصيل والأهداف المطلوبة فى المنطقة المحيطة بالنقطة المحتلة بإستخدام طريقة الإشعاع وهكذا بالنسبة لباقى نقط المضلع.

ملاحظات على هذه الطريقة :

أ - تحتاج إلى مجهود كبير ، خاصة فى عملية التوجيه الأساسى للوحة المستوية فى كل مرة، والذى ينتج عن عدم دقته الكاملة حدوث خطأ القفل.

ب- بعد أن تتم عملية التوجيه الأساسى، يجب ألا تتحرك اللوحة أو تهتز فى الإتجاه الأفقى، وإلا حدثت أخطاء كبيرة فى الرصد، إذ تصبح إتجاهات الأهداف المرصودة فى مواضع غير صحيحة بالنسبة للإتجاه الحقيقى، مما يضطر المساح لإعادة العمل.

جـ- من عيوب طريقة اللف والدوران، قياس أطوال أضلاع الترافيرس وهى عملية مجهدة خاصة إذا كان القياس مباشراً بالشريط أو الجنزير وكانت أطوال الأضلاع كبيرة. ويستحسن أن تقاس أطوال الأضلاع بالقياس التاكيومترى.

د - من عيوب هذه الطريقة أيضاً، حدوث خطأ القفل نتيجة لعدم الدقة فى التسامت والتوجيه الأساسى ونتيجة لعدم الدقة فى قياس أطوال المضلع.

---

(١) راجع ص ص ١٨٢ - ١٨٤

فإذا كان مسموحاً به أمكن تصحيح المضلع، أما إذا كان غير مسموحاً به فيعاد العمل مرة أخرى.

٣ - طريقة التقاطع الأمامي Intersection

وهى من أفضل طرق الرفع باللوحة المستوية، سواء فى رفع المضلعات الأساسية أو فى رفع التفاصيل مباشرة، نظراً لسهولتها ودقة نتائجها وتستعمل طريقة التقاطع عادة فى رفع الخرائط الكنتورية ذات المقاييس الكبيرة ١/ ٢٥٠٠٠، وذلك لتفادى قياس الأبعاد الطويلة التى يصل طولها فى بعض الأحيان إلى الكيلو متر أو أكثر.

وتستخدم هذه الطريقة فى الحالات الآتية :

* إمكان رؤية جميع النقط المحددة لرؤوس المضلع أو التفاصيل والأهداف المطلوب رفعها إلى اللوحة من أى نقطتين سواء كانت هاتين النقطتين من النقط الرئيسية المحددة لرؤوس المضلع أو داخل هذا المضلع أو خارجه.
* إمكان قياس المسافة بين النقطتين المختارتين، قياساً دقيقاً. وتسمى هذه المسافة بخط القاعدة.
* إمكان إحتلال طرفى خط القاعدة باللوحة المستوية، لرفع الإتجاهات نحو الأهداف والنقط المرصودة.

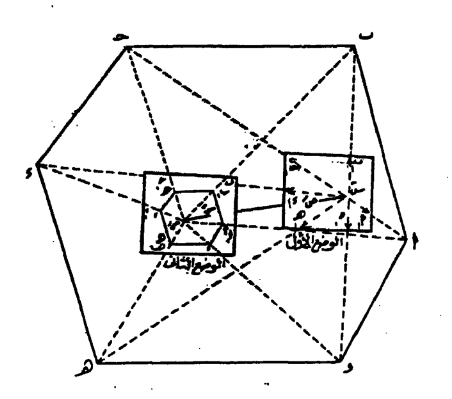
وتمتاز هذه الطريقة بأنها لا تستخدم عملية التوجيه الأساسى إلا مرة واحدة فقط عند الإنتقال بين النقطتين المحددتين لخط القاعدة. بالإضافة إلى عدم إستخدام القياس المباشر بين طرفى خط القاعدة وبين التفاصيل والأهداف المطلوب رفعها.

طريقة العمل :

١ - ننتخب نقطتين س، ص فى وضع مناسب فى المنطقة المراد رفعها باللوحة المستوية، بحيث يمكن قياس المسافة بينهما بسهولة ودقة، كما يمكن رؤية ورصد كل نقط المضلع الذى يمثل هيكل المنطقة من هاتين النقطتين. ويسمى الخط الواصل بينهما بخط القاعدة.

٢ – نثبت اللوحة على نقطة س. وبعد توجيه اللوحة بالنسبة للمنطقة وضبط أفقيتها نعين نقطة س على اللوحة بالتسامت، بحيث تكون فى وضع مناسب من اللوحة ثم نرصد نقطة ص بتوجيه منظار الأليداد إليها، مع مراعاة إنطباق حافة مسطرته على النقطة س. نرسم الشعاع س/ ص/ طوله يساوى طول خط القاعدة س ص طبقاً لمقياس الرسم المنتخب.

٣ – نوجه منظار الأليداد إلى جميع النقط أو الأهداف المطلوب رفعها. وتبين على الأشعة المرسومة على اللوحة إتجاهاتها، ويكتب على هذه الأشعة الملاحظات الخاصة بهذه الأهداف المرصودة. أنظر شكل رقم (١٣٢) «الوضع الأول».



شكل رقم (١٣٢) طريقة التقاطع

٤ – ننتقل باللوحة المستوية إلى الطرف الثانى من خط القاعدة حيث نقطة ص «الوضع الثانى». ثم نجرى عملية التسامت عليها وكذلك التوجيه الأساسى إلى نقطة س، حتى نصبح نقطة ص/ على اللوحة متسامتة تماماً على نقطة ص فى الطبيعة وتنطبق مسطرة الأليداد على الشعاع ص/ س/ وخط

نظر منظار الأليداد فى إتجاه نقطة س.

٥ – نرسم من نقطة ص أشعة تمثل إتجاه منظار الأليداد إلى نفس النقط والظاهرات والأهداف السابق رسم أشعة إليها من نقطة س. فيتقاطع كل شعاعين مرسومين من طرفى خط القاعدة (على اللوحة) إلى نفس النقطة أو الهدف فى نقطة واحدة. فنحصل بذلك على موقعها الحقيقى سواء كانت هذه النقطة للمضلع الرئيسى أو للتفاصيل والأهداف المطلوب رفعها.

٦ – لتحقيق العمل يقاس طول أى مسافة بين هدفين على اللوحة ويقارن بطولها على الطبيعة.

ملاحظات على طريقة التقاطع :

أ – تمتاز عن أى طريقة أخرى من طرق الرفع باللوحة المستوية، بسهولة العمل فى الحقل.

ب – تستعمل فى رفع الأهداف التى يصعب الوصول إليها مثل شواطئ الترع، أو رفع المعالم الطبيعية خاصة فى المناطق الصحراوية التى يتعذر فيها السير أو القياس لوعورتها.

جـ – تستعمل فى رفع المناطق كبيرة المساحة نسبياً (تبعاً لقوة إبصار منظار الأليداد) ، حيث تكون الأهداف المطلوب رفعها بعيدة ولا يمكن إجراء القياس المباشر بين هذه الأهداف وبين النقطة التى تحتلها اللوحة المستوية، لما فى ذلك من جهد شاق فضلاً عن عدم الدقة.

د – لا يستعمل فيها قياس أى أطوال بإستثناء قياس طول خط القاعدة فقط، وقياس بعض المسافات بين الأهداف المرفوعة للتحقيق.

هـ – لا ينتج عنها خطأ القفل إذا إستخدمت فى رفع المضلعات.

٤ – طريقة التقاطع العكسى Resection

تستعمل هذه الطريقة عادة فى حالة وجود عوائق تمنع القياس المباشر بين أطوال أضلاع الترافيرس أو المضلع، كما هى الحال فى طريقة اللف والدوران، نظراً لطول المسافات بين رؤوس المضلع، أو عدم إمكان رؤية جميع نقط رؤوس

الترافيرس من نقطة واحدة أو نقطتين، أى أنه لا يمكن إستخدام أى من الطرق الثلاث السابق ذكرها فى رفع المضلع بسبب عدم إمكان رؤية النقط المحددة له كلها أو حتى القياس لأطوال أضلاعه.

وهذه الطريقة معرضة للخطأ، نظراً لما يبذل فيها من مجهود شاق. وتستخدم فى رفع المضلعات فقط ولا تستخدم فى رفع التفاصيل، إلا أنه يشترط عند إستخدام طريقة التقاطع العكسى ما يلى :

* إمكان رؤية النقطتين التاليتين للنقطة المحتلة بالإضافة إلى النقطة السابقة لها.

* إمكان قياس أحد خطوط المضلع المطلوب رفعه.

طريقة العمل :

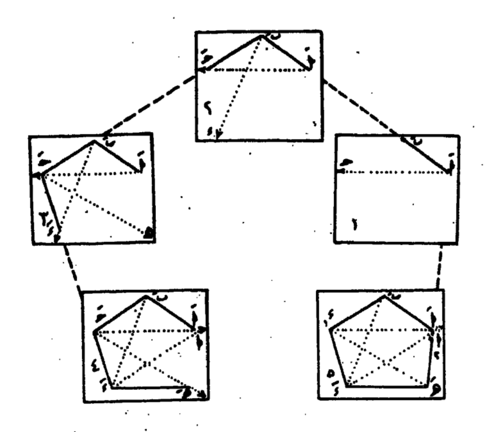
١ – نفرض أن المنطقة المطلوب رفع هيكلها محددة بالمضلع أ ب جـ د هـ وفيه يمكن قياس الضلع أ ب فقط.

٢ – نركز باللوحة المستوية فوق نقطة أ، وبعد ضبط أفقيتها، نعين أَ على اللوحة بالتسامت. نوجه الأليداد إلى النقطة ب. نرسم الشعاع أَ بَ طوله يساوى طول الضلع أ ب «ويلاحظ أنه الخط الوحيد المقاس». نوجه الأليداد بعد ذلك إلى نقطة جـ ونرسم الشعاع أَ جـَ طوله غير محدود [الوضع رقم ١ – شكل رقم (١٣٣)].

٣ – ننتقل باللوحة إلى نقطة ب. ونقوم بإجراء عملية التسامت والتوجيه الأساسى على الضلع ب أ ونظيره على اللوحة الشعاع بَ أَ. نوجه الأليداد إلى النقطة جـ ونرسم شعاعاً من ب فى إتجاه نقطة جـ، فيتقاطع مع الشعاع السابق رسمه من نقطة أ، فتتعين لدينا (على اللوحة) نقطة جـ الموجودة فى الطبيعة. بعد ذلك نوجه الأليداد إلى نقطة د ونرسم شعاعاً من ب فى إتجاهها [الوضع رقم ٢ – شكل رقم (١٣٣)].

٤ – ننتقل باللوحة إلى نقطة جـ. وبعد إجراء عملية التسامت فوقها وكذلك التوجيه الأساس على الضلع جـَ بَ (الموجه من قبل من نقطة ب) وعلى الشعاع جـَ أَ (الموجه من قبل من نقطة أ)، نوجه الأليداد إلى نقطة د ونرسم الشعاع جـَ دَ [الوضع رقم ٣ – شكل رقم (١٣٣)] فيتقاطع مع الشعاع

بَ دً «السابق رسمه من نقطة ب» فتتعين بذلك نقطة د على اللوحة. ثم نوجه الأليداد إلى نقطة هـ ونرسم الشعاع جـَ هـَ.



شكل رقم (١٣٣) طريقة التقاطع العكسى

٥ – نكرر نفس هذا العمل فى باقى نقط الترافيرس د، هـ. ويراعى أنه عند رصد نقطة أ – أثناء إحتلال اللوحة المستوية لنقطة هـ [الوضع رقم ٥ – شكل رقم (١٣٣)] يجب أن يتقاطع الشعاعان المرسومان من نقطة د إلى أ ومن نقطة هـ إلى أ فى نقطة واحدة هى نقطة أ إذا كان العمل صحيحاً ودقيقاً. إلا أن ذلك نادراً ما يحدث بل يتكون لدينا خطأ القفل. إذ يلتقى الشعاعان دَ أَ مع هـَ أَ فى نقطة (أً) تختلف عن نقطة أَ التى بدأ العمل منها.

٦ – يقاس طول خطأ القفل (أً أَ)، فإذا كان مسموحاً به، يصحح بالطريقة السابق ذكرها . أما إذا كان غير مسموحاً به فيعاد العمل مرة أخرى.

ملاحظات على طريقة التقاطع العكسى :

* تتميز هذه الطريقة بأنه يمكننا الإستغناء عن قياس أطوال أضلاع الترافيرس، خاصة إذا كانت هذه الأطوال كبيرة، فيما عدا قياس طول ضلع واحد فقط ويفضل أن يكون أصغر الأضلاع طولاً.
* من عيوب هذه الطريقة إجراء عملية التوجيه الأساسى فى كل نقطة تحتلها اللوحة المستوية - من رؤوس المضلع. وذلك بالرصد على النقطتين السابقتين .، مما يزيد من جهد الراصد . وإن كان ذلك يزيد من دقة هذه الطريقة.
* من عيوب هذه الطريقة أيضاً حدوث خطأ القفل.

ملاحظات عامة على إستخدام اللوحة المستوية :

فيما يلى بعض الملاحظات والتوجيهات العامة التى ينبغى على المساح مراعاتها عند القيام بإستخدام اللوحة المستوية فى رفع منطقة بأى طريقة من الطرق السابق شرحها. وذلك حتى يحصل على أحسن النتائج بأسرع ما يمكن، دون أن تحدث أخطاء فى الرصد مما يزيد من جهد المساح فى تصحيحها أو إضطراره إلى إعادة العمل مرة أخرى. وما فى ذلك من إضاعة للوقت وبذل للجهد، خاصة وإن العمل كله يتم فى الحقل وفى ظروف غير مريحة وملائمة للراصد.

١ - عند تثبيت اللوحة المستوية، يراعى أن يكون إرتفاع سطحها أقل قليلاً من إرتفاع «كوع» الراصد حتى تكون اللوحة فى وضع مناسب ومريح بالنسبة له أثناء العمل.

٢ - يراعى الضغط على شعب الحامل، قبل ضبط اللوحة المستوية، والتأكد من ثبات اللوحة قبل بدء العمل، حتى لا تميل أثناء العمل فى أحد الإتجاهات، ما يضطر الراصد إلى إعادة العمل مرة أخرى.

٣ - التأكد من أن اللوحة مثبتة فى الحامل جيداً قبل بدء العمل، حتى لا تدور أثناء الرصد، مما يسبب أخطاءاً كبيرة قد لا يشعر بها الراصد إلا بعد الإنتهاء من العمل أو أثناء التحقيق، مما يضيع من وقته وجهده فى إعادة

العمل أو إجراء ما يلزم من تصحيح للإتجاهات المرصودة.

٤ - ينبغي على الراصد الإنتباه إلى عدم الإرتكاز بذراعيه أو بجسمه على اللوحة المستوية أثناء العمل، حتى لا تميل اللوحة.

٥ - تجنب وضع الأدوات التي لا لزوم لها فوق سطح اللوحة المستوية. فميزان التسوية والبوصلة الصندوقية مثلاً، يجب إعادتهما إلى صندوق حفظ الأدوات والأجهزة، بعد إستخدامهما في عملية ضبط أفقية اللوحة وضبط الإتجاه. وينبغي ألا يوضع على سطح اللوحة أي شئ سوى الأليداد والقلم الرصاص والمسطرة فقط.

٦ - يمكن تغطية الجزء الذي يتم رفعه على اللوحة بالورق الشفاف، وكذلك يغطي الجزء الذي ينتظر عدم الرسم عليه، أثناء إحتلال النقطة الموجود فوقها اللوحة المستوية وذلك للإحتفاظ بلوحة الرسم «الخريطة» نظيفة دائماً.

٧ - في حالة رفع تفاصيل منطقة من رؤوس مضلع، فيجب توقيع المضلع وتحبيره قبل عملية رفع الأهداف والتفاصيل. كما ينبغي أن نذكر الأطوال بالمتر على كل ضلع من أضلاع الترافيرس.

٨ - يستحسن إستخدام أجود أنواع ورق الرسم الذي لا يتأثر بالعوامل الجويه خاصة الرطوبة. وفي الأعمال الدقيقة، يمكن إستخدام لوحتين من الورق بلصقهم مع بعض جيداً، بحيث يكون إتجاه الألياف في أحداهما متعامداً مع إتجاه الألياف في اللوحة الأخرى. وأفضل أنواع الورق نوعي كانسون وفبريانو.

٩ - يراعي أن يكون الرسم بالقلم الرصاص فقط، وأن يكون من الأنواع الصلبة الجيدة H_1 أو H_2 ومبرياً وذا سن رفيع جداً. ويمكن ربط قطعة «صنفرة» بإحدى شعب الحامل لهذا الغرض - كما يجب أن يكون سن القلم ملاصقاً لحافة مسطرة الأليداد أثناء رسم الأشعة أو الإتجاهات، لدرجة عدم مشاهدة الأشعة المرسومة إلا بعد رفع أو أبعاد حافة مسطرة الأليداد.

١٠ - الإنتباه إلى عدم الضغط بالقلم الرصاص على لوحة الرسم أثناء رسم

الإتجاهات، ليكون من السهل محو الإتجاهات الخاطئة. أما الأهداف المرفوعة، فيمكن أن ترسم حدودها بقلم رصاص أقل صلابة (HB أو B_1 أو F_1) حتى يمكن التمييز بينها وبين الأشعة والإتجاهات.

١١ – يفضل عند رسم الأشعة أن تكون قصيرة. وأن تبدأ بعد مسافة صغيرة (حوالى نصف سنتمتر) من نقطة التسامت وفى إتجاه الأهداف المرصودة حتى المكان الذى نتوقع فيه توقيع النقطة المرصودة. وذلك حتى يمكن تمييز الأهداف القريبة من الأشعة المتجهة نحو الأهداف الأبعد.

١٢ – عند إحتلال أى نقطة، ينبغى التحقق من التوجيه الأساسى على خطين أو أكثر كلما أمكن ذلك. كما ينبغى تحقيق الأشعة إلى النقط الرئيسية، من آن لآخر، أثناء العمل للتأكد من أن اللوحة لم تتحرك ولم تدور لعدم ربط المسامير جيداً. وعند الإنتهاء من العمل يجب التحقق للمرة الأخيرة من صحة التوجيه الأساسى حتى يكون المساح مطمئناً على ما قام به من عمل.

١٣ – عند تحريك الأليداد لرصد هدف جديد، يراعى رفعه من على اللوحة، ثم وضعه مرة ثانية فى إتجاه الهدف الجديد تقريباً. وذلك بدلاً من تحريكه على اللوحة حتى تظل نظيفة من ناحية وحتى لا تهتز اللوحة بسبب هذه الحركة من ناحية أخرى.

١٤ – من أهم الملاحظات أثناء العمل، الإحتفاظ بحافة مسطرة الأليداد مماسة بنقطة التسامت وتمر بها. ويمكن التغلب على هذه الصعوبة بغرس دبوس فى نقطة التسامت «المسامتة على النقطة المحتلة باللوحة المستوية»، وجعل حافة مسطرة الأليداد مماسة للدبوس عند رصد الأهداف المختلفة، ولكن ينتج عن ذلك ثقب متسع عند نقطة التسامت وإزدياد إتساع هذا الثقب بتوالى الرصد، مما يضيع مكان نقطة التسامت الموقعة من قبل. لذلك يحسن قبل بدء الرصد ورسم الأ: ة أو الإتجاهات، رسم دائرة مركزها نقطة التسامت، بنصف قطر لا يزيد عن نصف سنتمتر، ورسم قطرين متقاطعين داخل هذه الدائرة يحددان مركزها ويحسن أن تكون الأشعة المرسومة نحو الأهداف المرصودة تبدأ من محيط الدائرة لا من مركزها.

والأنواع الحديثة من الأليداد، بها مسطرة توازى مستطيلة متصلة بالمسطرة

الخاصة بالأليداد نفسه. فعند الرصد يراعى أن تكون حافة مسطرة الأليداد قريبة من نقطة التسامت فقط (على بعد لا يزيد عن نصف سنتمتر) دون بذل أى مجهود فى محاولة جعل حافة مسطرة الأليداد تمر بالنقطة تماماً. ثم تحرك مسطرة التوازى عن طريق مسمار الحركة الخاص بها - حتى تمر بهذه النقطة. والخطأ الناتج من هذه العملية صغير جداً ولا يؤثر فى حالة المقاييس الكبيرة. وهذه العملية توفر كثيراً من الوقت والجهد.

١٥ - يحسن إستخدام أقل عدد من الإتجاهات أو الأشعة للأهداف المرصودة بقدر الإمكان، وتفادى الأشعة التى لا لزوم لها، فكلما زاد عددها كلما زاد الجهد والوقت وكلما زاد إحتمال الخطأ.

١٦ - يتوقف نسبة خطأ القفل المسموح به فى رفع المضلعات أو الترافيرسات، على الغرض الذى تنشأ من أجله الخريطة. وعموماً فإن الخطأ المسموح به كما يلى :

* فى الأراضى الصحراوية والأراضى الوعرة ١ : ١٠٠٠
* فى الأراضى الزراعية ١ : ٣٠٠٠
* فى المدن والمشروعات الدقيقة ١ : ٥٠٠٠

وهذه النسبة على أساس : طول الخطأ : طول محيط المضلع.

مصادر الأخطاء فى الرفع باللوحة المستوية :

١ - عيوب آلية فى الأدوات والأجهزة المستعملة. كأن يكون خط النظر بمنظار الأليداد غير منطبق أو مواز لحافة مسطرة الأليداد، أو تلف أحد مسامير التسوية الموجودة بالركبة ...إلخ.

٢ - عدم جودة ورق الرسم المستخدم فى الرسم، وإنكماشه أو إلتوائه بسبب رطوبة الجو. وهذا من أهم مصادر الأخطاء فى الخرائط المرفوعة بمقياس رسم كبير. وقد ينتج أيضاً تمدد فى الورق إذا تم لفه بشدة، لذا يحسن أن تحفظ الخرائط مفرودة.

٣ - عدم الدقة فى ضبط أفقية اللوحة المستوية تماماً خصوصاً أثناء رفع مناطق بمقاييس رسم كبيرة.

٤ – أخطاء شخصية، مثل عدم الدقة فى إجراء عملية التسامت أو عدم الدقة فى التوجيه نحو الأهداف المطلوب رفعها أو عدم الدقة فى إجراء عملية التوجيه الأساسى.

٥ – عدم الدقة فى القياس وتوقيع الأبعاد على الخريطة بمقياس الرسم المنتخب، ولذا يحسن إستخدام مقياس رسم شبكى يقيس إلى أصغر بعد يتم القياس به تبعاً لمقياس الرسم.

٦ – حركة اللوحة أثناء الرصد، بالإرتكاز عليها أو بالضغط أو ترك المسامير غير مربوطة جيداً. ويجب التحقق من آن لآخر من أن اللوحة لم تتحرك (تدور) أو تميل وذلك بالرصد على النقط الأساسية من آن لآخر، من النقطة المسامتة للنقطة المحتلة.

القياس التاكيومترى مع اللوحة المستوية

تعنى كلمة تاكيومتر باللاتينية القياس السريع، والتاكيومتر عبارة عن تركيبات خاصة توضع فى منظار جهاز الرصد (الأليداد – الميزان – التيودوليت) الغرض منها إيجاد المسافات والإرتفاعات عن طريق الرصد مع إجراء بعض العمليات الحسابية. وهناك بعض الأجهزة صممت خصيصاً حتى يمكن الحصول على المسافات والإرتفاعات بدون عمليات حسابية على الإطلاق.

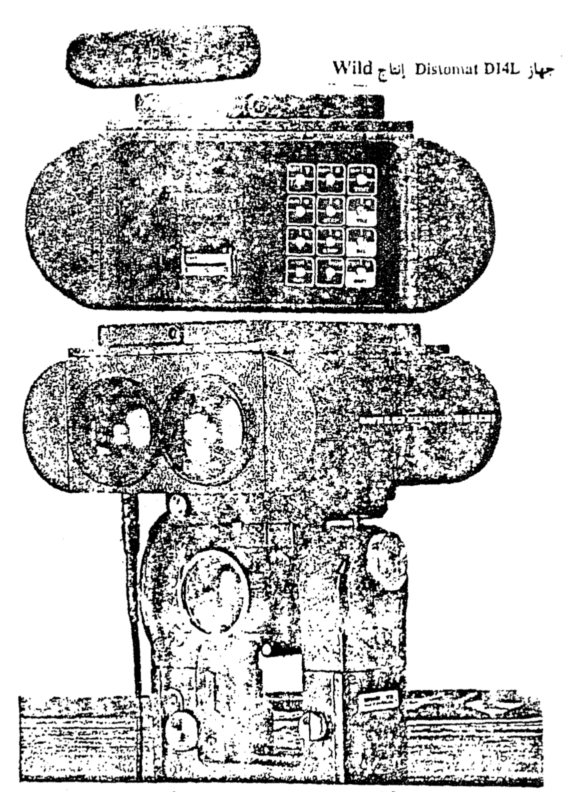
وتعتبر التاكيومترية من أسرع الطرق وأفضلها، طالما أن الدقة الكبيرة غير مطلوبة، وهى أقل دقة من القياس بالشريط أو الجنزير . والقياسات التاكيومترية تمتاز على القياسات بالشريط فى أن أخطاء الأولى متعادلة (أى أنها تتلاشى مع بعضها) بينما أخطاء الأخيرة غالباً ما تكون تراكمية. فضلاً عن الدقة التاكيومترية فى الأراضى الوعرة قد تفوق دقة القياس بالشريط.

ويستعمل القياس التاكيومترى فى أغراض شتى من أهمها :

* إنشاء الخرائط الكنتورية (الميزانية الشبكية) خصوصاً فى الأراضى غير المستوية، ويعتبر ذلك من أهم أهداف المساحة التاكيومترية.

* رفع وبيان تفاصيل والمناسيب على الخرائط.

جهاز Distomat DI4L إنتاج Wild



لقياس المسافة الكترونيا مداه ٤ كم نسبة الخطأ ٥ ملم/ ١ كم.
مركب على تيودوليت T16 مزود بحاسب آلي لتعيين الإحداثيات مباشرة.

* تعتبر أحسن الطرق لقياس المسافات والمناسيب فى الأراضى الوعرة حيث يصعب أو يستحيل القياس بالشريط أو القيام بإجراء الميزانية العادية.

* التحقيق المبدئى السريع للأبعاد المقيسة بالشريط أو بأى طرق أخرى، خصوصاً فى المسافات الطويلة.

* قياس أطوال أضلاع المضلعات أو الترافيرسات التى تكون الدقة العالية فيها غير مطلوبة.

ويمكن تقسيم طرق القياس التاكيومترى إلى ما يلى :

١- طريقة شعرات الإستاديا.

٢- طريقة الظلال.

٣- إستخدام أجهزة خاصة معدة خصيصاً لذلك الغرض (Self - reading Techeometers).

والطريقتان الأولى والثانية ـ وهما اللتان تهمنا - يمكن الإستعانة بهما بإستخدام الأجهزة التى غالباً ما يلجأ إليها الجغرافى لرفع منطقة، مثل اللوحة المستوية أو الميزان، لذلك كان إهتمامنا بهما. أما الطريقة الثالثة - الأجهزة الخاصة - فنظراً لإرتفاع قيمة الأجهزة من ناحية والحاجة إلى دراسة طرق إستخدامها وصيانتها من جهة أخرى، فهى تدخل فى نطاق تخصص مهندس المساحة.

أولاً : طريقة شعرات الإستاديا :

ذكرنا من قبل أن منظار الأليداد مزود بحامل للشعرات (أنظر شكل ١٢٦). فعند النظر فى منظار الأليداد (أو أى جهاز مساحى آخر) نلاحظ شعرتين متعامدتين رئيسيتين إحداهما أفقية والثانية رأسية. وعلى الشعرة الرأسية توجد شعرتان ثانويتان أفقيتان توازيان الشعرة الأفقية الرئيسية وعلى مسافة متساوية ويطلق عليهما إسم شعرات الإستاديا Stadia. ولابد من إستخدام قامة عند العمل بشعرات الاستاديا، والقامة عبارة عن مسطرة مدرجة طولها أربعة أمتار [(١)].

وفى طريقة شعرات الاستاديا تؤخذ الأرصاد والقراءات اللازمة لتعيين البعد

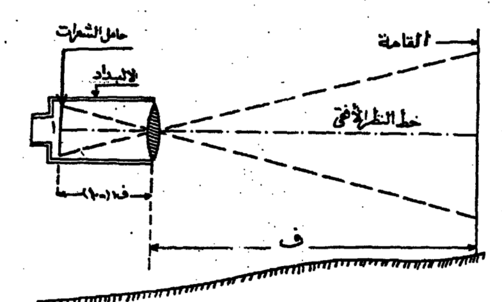
---

(١) أنظر ص ص ٣١٧ - ٣٢٠ والشكل رقم (١٥٤).

والمنسوب بتوجيه منظار الأليداد إلى قامة موضوعة رأسياً فوق النقطة المراد إيجاد المسافة بينها وبين الأليداد وكذلك منسوبها، ثم تؤخذ قراءات القامة عند شعرتى الاستاديا العليا والسفلى ومن الفرق بين هاتين القراءتين يمكن حساب المسافة. فإذا وضعت القامة على أبعاد مختلفة فإن الجزء المقطوع على القامة والمحصور بين شعرتى الاستاديا يتغير تبعاً لذلك ويتوقف مقداره على بعد القامة من الجهاز.

حساب المسافة تاكيومترياً :

يعتمد حساب المسافة على الثابت التاكيومترى للجهاز وهو عادة ما يكون ١٠٠ وقد يكون أقل أو أكثر من ذلك قليلاً فقد يكون ٩٨ أو ١٠١ مثلاً ورغم ذلك فيمكن إعتباره ١٠٠ إذ أنه يمكن إهمال الخطأ الناتج عن هذا التقريب عند تقدير المسافات. وتعتمد فكرة الثابت التاكيومترى على النسبة والتناسب كما فى الشكل التالى رقم (١٣٤).



شكل رقم (١٣٤)

من الشكل نجد أن : $\frac{هـ}{ف} = \frac{هـ١}{ف١} = \frac{١}{١٠٠}$ (وهو الثابت التاكيومترى)

$\therefore$ ف = هـ × ث وذلك إذا كان خط النظر أفقياً.

حيث هـ الفرق بين قراءتى القامة على شعرتى الاستاديا، ث الثابت التاكيومترى (١٠٠)

فمثلاً إذا وضعت قامة فى نقطة ونظرنا إليها بالأليداد وكان خط النظر أفقياً وكانت قراءة الشعرة العليا ٠,٦٠ والسفلى ٢,٤٠ فإن المسافة الأفقية بين الأليداد والقامة تكون :

ف = الفرق بين قراءتى القامة × الثابت التاكيومترى

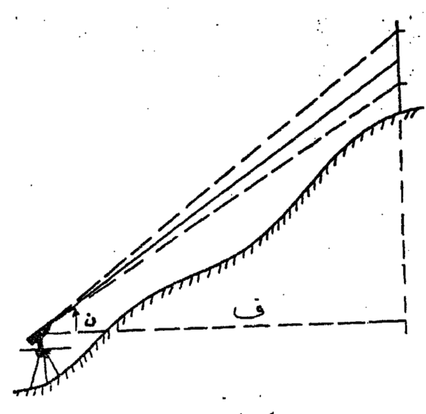
= (٢,٤٠ – ٠,٦٠) × ١٠٠ = ١٨٠ متر

أما فى حالة ما إذا كانت القامة فى موقع أعلى أو أدنى من اللوحة المستوية كما فى الشكل رقم (١٣٥) فإن خط نظر الأليداد فى هذه الحالة لا يكون أفقياً بل مائلاً. ولإيجاد المسافة الأفقية نستخدم المعادلة التالية :

ف = هـ × ث × جتا ٢ ن

حيث ن هى زاوية إرتفاع أو إنخفاض خط النظر.

فمثلاً إذا وجه الأليداد إلى قامة موضوعة فوق قمة تل وكان منظار الأليداد مائلاً بزاوية ٤° إلى أعلى وكانت قراءة شعرتى الأستاديا هى ٠,٦٨ متر، ٣,٤٤ متر.



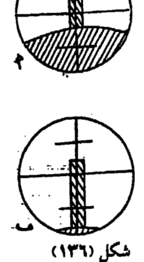
شكل رقم (١٣٥)

فإن المسافة الأفقية :

= (٣,٤٤ − ٠,٦٨) × ١٠٠ × جتا ٢ ٤°

= ٢,٧٦ × ١٠٠ ×(٠,٩٩٧٦) ٢ = ٢٧٤,٦٨ متر

ونلاحظ أنه يتم حساب الفرق بين قراءتى القامة على الشعرتين العليا والسفلى. ولما كان طول القامة لا يزيد عن أربعة أمتار، فمعنى ذلك أن أقصى مسافة يمكن إيجادها بهذه الطريقة لا يزيد عن ٤٠٠ متر. على أساس أن تكون قراءة الشعرة العليا صفراً والسفلى ٤ أمتار (أى طرفى القامة). ولو أنه يمكن مضاعفة تلك المسافة عن طريق رصد إحدى الشعرتين مع الشعرة الوسطى (أنظر شكل رقم ١٣٦ أ، ب) وإن كان ذلك قد يؤدى إلى بعض الأخطاء خصوصاً إذا كانت القامة ليست رأسية تماماً. كما يعتمد ذلك على قوة تكبير منظار الأليداد.



شكل (١٣٦)

ثانياً : طريقة الظلال :

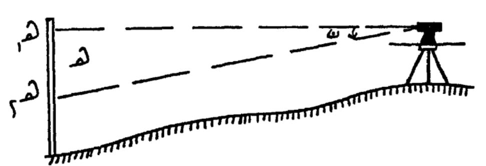
وهى أقل دقة من الطريقة السابقة وتستخدم فى حالة عدم معرفتنا مقدار الثابت التاكيومترى للأليداد وما إذا كان مزوداً أو غير مزود بعدسة تحليلية (وظيفتها إلغاء الثابت الإضافى).

حساب المسافة تاكيومترياً :

أ – عندما تسمح طبيعة الأرض بقراءة القامة وخط النظر أفقياً :

نوجه الأليداد نحو القامة الموضوعة رأسياً عند النقطة بحيث يكون خط النظر أفقياً (أى أن الزاوية الرأسية تساوى صفراً) ونقرأ قراءة القامة التى تعينها الشعرة الوسطى الرئيسية ($هـ_١$) ثم نوجه الأليداد نحو القامة مرة أخرى بحيث يكون خط النظر مائلاً إلى أعلى أو إلى أسفل حسب ما تسمح به طبيعة الأرض ونعين زاوية الإرتفاع (ن) ونقرأ القراءة الجديدة التى تعينها الشعرة

الوسطى (هـ٢). ثم نوجد الفرق بين القراءتين (هـ) شكل رقم (١٣٧).



شكل (١٣٧)

(يمكن أن تكون الزاوية فى حالة إرتفاع أو إنخفاض)

$$\text{فتكون المسافة الأفقية} = \frac{\text{الفرق بين القراءتين}}{\text{ظل الزاوية الرأسية المقاسة}} \text{ أو ف} = \frac{\text{هـ}}{\text{ظا ن}}$$

فمثلاً عند توجيه الأليداد أفقياً نحو قامة كانت القراءة على الشعرة الوسطى ٠,٢٢ . ثم وجه بزاوية ميل ٢° فكانت القراءة على القامة ٣,٧٩

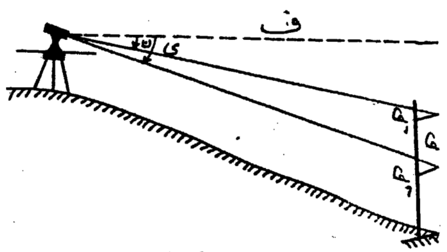
فتكون المسافة الأفقية :

$$= \frac{٣,٧٩ - ٠,٢٢}{\text{ظا } ٢^\circ} = \frac{٣,٥٧}{٠,٠٣٤٩} = ١٠٢,٢٩ \text{ متراً}$$

ب – عندما لا تسمح طبيعة الأرض بأخذ نظرات أفقية :

فى هذه الحالة نوجه منظار الأليداد نحو القامة بزاوية مائلة (ن°) ونسجل قراءة القامة على الشعرة الوسطى (هـ ١) ثم نغير زاوية ميل المنظار إلى (ى°) ونسجل القراءة الجديدة على القامة شكل (١٣٨) ونوجد الفرق بين قراءتى القامة (هـ).

$$\text{وتكون المسافة الأفقية} = \frac{\text{هـ}}{\text{ظا ن} - \text{ظا ى}}$$



شكل رقم (١٣٨)

فمثلاً إذا كانت زاوية ميل منظار الأليداد ٢٠َ ٣° وكانت قراءة القامة ٠,٥٣ . ثم رصدت القامة مرة أخرى بعد تغيير زاوية ميل الأليداد إلى ٤٥َ ٣° وكانت قراءة القامة ٣,٨٥ أمتار فتكون المسافة الأفقية

$$= \frac{٣,٨٥ - ٠,٥٣}{\text{ظا } ٤٥' ٣° - \text{ظا } ٢٠' ٣°} = \frac{٣,٣٢}{٠,٠٦٥٦ - ٠,٠٥٨٣} = ٤٥٤,٧٩ \text{ متر}$$

أما حساب الإرتفاعات والمناسيب بكلا الطريقتين فسوف ندرسه بالتفصيل عند دراسة الميزانية الشبكية والتى تجرى عادة بإستخدام اللوحة المستوية.

تعيين الثابت التاكيومترى للأليداد :

فى بعض الأحيان قد لا يذكر على الأليداد ثابتة التاكيومترى أو نرغب فى التأكد من الثابت التاكيومترى للجهاز بدقة فتتبع الخطوات التالية :

أ – نثبت الجهاز على أرض مستوية تقريباً وندق أوتاد أو شوك على أبعاد ٣٠ ، ٦٠ ، ٩٠ ، ١٢٠ ، ١٥٠ متراً مع ملاحظة قياس هذه المسافات بدقة تامة وبالشريط الصلب.

ب– نضع القامة عند هذه النقط ونرصد قراءات شعرات الاستاديا بعناية تامة عند كل نقطة ويفضل أن تكون القراءات لأقرب ملليمتر إذ أن الخطأ فى السنتيمتر الواحد فى قراءة القامة يقابله خطأ قدره متر فى المسافة. نفرض

أن الفرق بين قراءتي الشعرتين العليا والوسطى كان ٢٩,٤ ، ٥٥,٨ ، ٨٨,٢ ، ١١٧,٦ ، ١٤٦,٧ سم عند المسافات السابق ذكرها بنفس الترتيب.

جـ – نأتي بمجموع المسافات على الطبيعة

= ٣٠ + ٦٠ + ٩٠ + ١٢٠ + ١٥٠ = ٤٥٠ متراً

ومجموع الفرق بين قراءات الشعرات التي حصلت عليها

= ٢٩,٤ + ٥٥,٨ + ٨٨,٢ + ١١٧,٦ + ١٤٦,٧ = ٤٣٧,٧سم

= ٤,٣٧٧ متر

الثابت التاكيومترى = $\frac{٤٥٠}{٤,٣٧٧}$ = ١٠٢,٨١ = ١٠٣ تقريباً.

تمــــارين

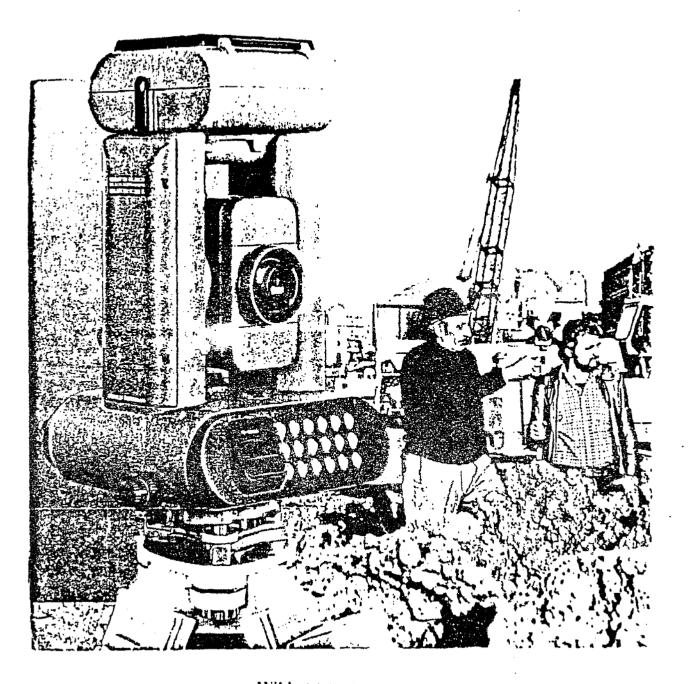
١ – وضعت قامة أفقية وأخذت عليها قراءات شعرات الاستاديا من الجهاز موضوع على مسافة ما، وكانت القامة عمودية على خط النظر. فاذا كانت القراءات هي ٠,٣٠ متر، ٣,٤٥ متر وكانت الزاوية المحصورة عن الجهاز لهذه المسافة هي ١° ٢٣ ٢٠. ما هي المسافة الأفقية بين القامة والجهاز وكم تكون المسافة الأفقية لو كان المنظار قد خفض الى أسفل بمقدار ٣٠°.

٢ – وضع تاكيومتر فوق نقطة جـ وأخذت القراءات الآتية على القامتين الموضوعتين رأسياً فوق كل من أ، ب فكانت :

القامة	الزاوية الرأسية	قراءات الشعرات بالمتر
أ	– ٧° ٣٥′ ٣٠″	٢,٠٥ ، ١,٥٠ ، ٠,٩٥
ب	+ ١٠° ٥٠′ ٤٠″	١,٥٢ ، ١,٠٠ ، ٠,٤٨

فاذا علم أن الجهاز به عدسة تحليلية والثابت التاكيومترى = ١٠٠ وأن منسوب ب = ٤٢,٠٣ مترا والزاوية أ جـ ب ١٢٠°. أحسب منسوب نقطة أ.

٣ – قمة تل معلوم أرتفاعها بأنه ٢٠,٥ مترا فوق سطح المياه فى بحيرة. رصدت هذه القمة من الجانب الآخر للبحيرة، وكانت زاوية أرتفاعها ١٠′ ٥°. فاذا كانت زاوية انخفاض صورة القمة فى المياه ٤٠′ ٨°. أوجد المسافة الأفقية من الجهاز الى قمة التل، أوجد كذلك الفرق بين منسوبى النقطتين.



جهاز Tachymat TC11 إنتاج Wild

تاكيومتر الكترونى لقياس الزوايا الأفقية والمسافات حتى ٥ ك.م. بدقة ٠,٠٠٥ متر

ومزود بحاسب آلى لتحديد إحداثيات الأهداف ومناسيبها.

الفصل السابع

المساحة بالتيودوليت

يعتبر التيودوليت أدق الأجهزة المستعملة فى قياس الزوايا سواء كانت على المستوى الأفقى أو المستوى الرأسى، ولذلك يستعمل فى كل الأعمال المساحية التى تحتاج إلى دقة كبيرة فى الأرصاد، مثل الأرصاد الفلكية والميزانيات الدقيقة والشبكات المثلثية، كما يستعمل فى قياس زوايا المضلعات وتوقيع المنحنيات وكافة أعمال التخطيط والتوجيه الدقيق وإنشاء الكبارى والأنفاق، كما يستخدم أيضاً فى المناجم وفى بعض الأعمال العسكرية.

والتيودوليت أنواع كثيرة، منها ماهو للأعمال الدقيقة جداً ومنها ماهو للأعمال العادية، ومن حيث التركيب منها ماهو بالورنيات وماهو بالميكرومتر ومنها ماهو بالعدسات (ميكروبتيك).

والنوعان الأول والثانى غالباً ما يستعملان فى الأعمال العادية أو ذات الدقة العادية. أما النوع الثالث فيستخدم فى الأعمال التى تتطلب دقة عالية، كما أن النوعين الأولين من الأنواع الشائعة الإستعمال لذلك كانت دراستنا عنها بالتفصيل.

التيودوليت ذو الورنية:

وهو أبسط أنواع التيودوليت وأقدمها صنعاً ويستعمل فى الأعمال المساحية التى لاتحتاج دقة كبيرة. ويتركب الجهاز من جزئين رئيسيين هما:

١ - الجزء العلوى، ويسمى الأليداد، ويشمل المنظار وحامله والمحور الأفقى للمنظار وقرص الورنيات.

٢ - الجزء السفلى، ويشمل الحافة الأفقية أو المقياس الأفقى مع مايتصل به من أجزاء القاعدة ومسامير التسوية.

وفيما يلى شرح للأجزاء بالتفصيل شكل رقم (١٣٩).

١ – الدائرة الأفقية أو المقياس الأفقي :

عبارة عن قرص معدني (١) قطره يختلف باختلاف نوع التيودوليت من حيث دقة القياس، فكلما زاد قطر الحافة الأفقية كلما إرتفعت معها دقة القياس. وقد يسمى الجهاز بقطر دائرته الأفقية، فيقال مثلاً تيودوليت خمس بوصات. وحافة القرص الأفقي مشطوفة ومفضضة ومحفور عليها أقسام تبين الدرجات وأجزاء الدرجة (نصف أو ربع أو سدس مثلاً). والتدريج على القرص يبدأ من صفر° إلى ٣٦٠° في إتجاه عقرب الساعة، وتستعمل الورنية لتعيين أجزاء من أصغر قسم على القرص. والقرص الأفقي يدور حول محور رأسي يتصل به إتصالاً معدنياً وهو عبارة عن مخروط معدني مجوف (٢).

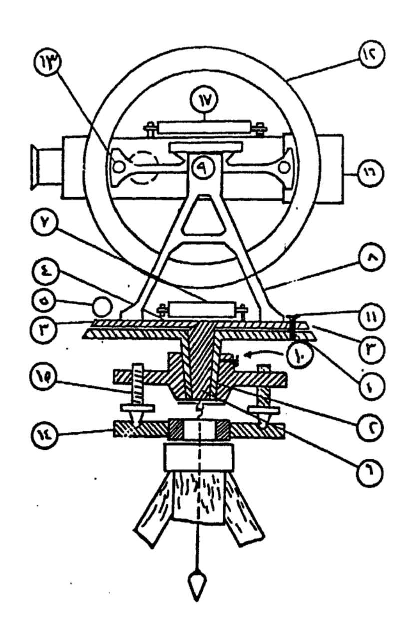
وعلى الدائرة الأفقية يوجد قرص الورنيات (٤) وهو عبارة عن قرص يرتكز فوق الحافة الأفقية ومساو له في القطر، ومثبت به ورنيتان (٣)، (٣) تستعملان لتعيين أجزاء من أصغر قسم في المقياس (عادة ٢٠ أو ٣٠ ثانية)، والخط الواصل بين صفري الورنيتين يمر بالمحور الرأسي لدوران القرصين. وتغطى الدائرة الأفقية وقرص الورنيات بغطاء معدني لحمايتها من المؤثرات الجوية كالرطوبة والأتربة، أما في منطقة الورنيات فتغطى بالزجاج أو السلوليد ليمكن من خلالهما قراءة الورنية على الحافة الأفقية للمقياس تماماً. ويثبت عادة أمام كل ورنية منظار مكبر أو عدسة مكبرة (٥) لتكبير القراءات. وقرص الورنيات متصل بمخروط معدني (٦) داخل مخروط القرص الأفقي السابق.

وفوق قرص الورنيات يوجد ميزان تسوية طولي (٧) لضبط أفقية القرصين والجهاز بصورة عامة.

ومركب على قرص الورنيات قائمان (٨) عبارة عن حاملين متساويين في الإرتفاع ويركب في أعلاهما المحور الأفقي (٩) لدوران المنظار.

٢ – مسامير الحركة :

مسمار القرص الأفقي للحركة السريعة (١٠) لربط المحور الرأسي للحافة



شكل رقم (١٣٩) قطاع توضيحي في التيودوليت

١ – القرص الأفقي .
٢ – مخروط القرص الأفقي
٣ ، ٣ – ورنيات.
٤ – قرص الورنيات.
٥ – مكبر لقراءة الورنيات.
٦ – مخروط قرص الورنيات.
٧ – ميزان تسوية طولي لضبط أفقية الجهاز.
٨ – قائمان لحمل قرص الدائرة الرأسية والمنظار.
٩ – المحور الأفقي للمنظار.
١٠ – مسمار ربط القرص الأفقي السريع.
١١ – مسمار ربط الحافة الأفقية بقرص الورنيات.
١٢ – الدائرة الرأسية.
١٣ ، ١٣ – ورنيات.
١٤ – اللوحة السفلي للجهاز.
١٥ – مسامير تسوية ضبط أفقية الجهاز.
١٦ – المنظار.
١٧ – ميزان تسوية طولي لضبط الدائرة الرأسية.

الأفقية ومنع دورانه وكذلك السماح بحركة سريعة للحافة الأفقية وموجود بجواره مسمار الحركة البطيئة (غير ظاهر فى الشكل) لدوران الحافة الأفقية حركة بطيئة ويجب عند إستعمال الحركة البطيئة ربط مسمار الحركة السريعة أولاً.

مسمار لربط الحافة الأفقية بقرص الورنيات (١١) وبجواره مسمار حركة بطيئة (غير ظاهر فى الشكل).

٣ - المنظار والدائرة الرأسية :

المنظار (١٦) يتصل معدنياً بمحور دورانه الأفقى (٩) ومتعامداً عليه. وهذا المحور يتصل إتصالاً معدنياً بالدائرة الرأسية (١٢) مقسمة إلى قوسين أو أربعة أقواس كل منها مدرج من صفر إلى ١٨٠° أو إلى ٩٠° وبحيث يتقابل الصفران على خط موازى للمحور البصرى للمنظار، هذا لكى يتسنى قراءة زوايا الإرتفاع والإنخفاض مباشرة. والمنظار والدائرة الرأسية يدوران أمام ذراع ثابت يحمل ورنيتين (١٣)، (١٣) لقراءة الزوايا الرأسية ومثبت فوق الذراع ميزان تسوية (١٧) ويتصل به من أسفل مسمار ضبط الورنيتين الخاصة بالدائرة الرأسية.

ويوجد للمنظار مسمار للحركة السريعة وآخر للحركة البطيئة (غير ظاهرين فى الشكل).

٤ - حامل التيودوليت:

والجهاز مثبت على قاعدة مثلثية عبارة عن لوحين معدنيين بينهما ثلاثة مسامير تسوية محواة (١٥) لضبط أفقية الجهاز وتتصل اللوحة السفلى من القاعدة (١٤) برأس الحامل الثلاثى، وهو يشبه تقريباً حامل اللوحة المستوية إلا أنه يمتاز عليه بوجود مسمار يسمح بحركة إنزلاق أفقية برأس الحامل لجعل الجهاز يتسامت تماماً فوق النقطة التى تمثل رأس الزاوية المطلوب قياسها.

ضبط التيودوليت :

يعتبر ضبط الأجهزة من الأمور ذات الأهمية للمساح وهناك ضبط دائم للجهاز يقوم به الفنيون كل فترة وذلك بسبب الخلل المحتمل حدوثه من إستخدام الجهاز أو إساءة إستخدامه أو تغيرات الأحوال الجوية أو الإهتزاز أثناء النقل. وهذا النوع من الضبط الدائم ليس من إختصاص الجغرافى.

أما الضبط المؤقت فهى شروط تجرى كلما أعد الجهاز للرصد والقياس سواء كان ذلك لرصد زوايا أفقية أو رأسية وتنتهى هذه الشروط برفع الجهاز من مكانه. وفيما يلى خطوات ضبط التيودوليت.

* التسامت Centering :

معنى التسامت هو وضع الجهاز بحيث يكون مركزه أو إمتداد محوره الرأسى الذى يعينه سن الشاغول المتدلى منه فوق مركز الوتد أو العلامة المحددة للنقطة المراد الرصد منها تماماً، وفى الوقت نفسه تكون الحافة الأفقية أفقية تقريباً بالنظر وبالإستعانة بميزان التسوية. ولإجراء ذلك تجرى مايلى :

أ - نضع الجهاز فوق حامله قريباً من النقطة (مركز الوتد) مع فرد شعبه بحيث يكون إرتفاع الجهاز مناسباً وتثبت إحدى شعب الحامل ثم نحرك الشعبتين الثانيتين إلى الداخل أو الخارج فى حركة قطرية بالنسبة للوتد حتى يصبح الجهاز أفقياً بالتقريب.

ب - نحرك الجهاز كمجموعة واحدة بدون تغيير مواضع الشعب النسبية بالنسبة لبعضها البعض حتى يصبح سن الشاغول على بعد سنتيمتر أو إثنين من مركز الوتد ويضغط على شعب الحامل جيداً داخل الأرض بالقدم لتثبيته جيداً.

جـ- يضبط التسامت جيداً بجعل سن الشاغول فوق مركز الوتد تماماً وذلك بفك مسمار الطارة عند قاعدة الجهاز وتحريكه فوق القاعدة ثم نربط الجهاز جيداً بحامله بربط هذه الطارة أو المسمار. ويلاحظ أن يكون سن الشاغول على إرتفاع حوالى سنتيمتر واحد تقريباً من مركز العلامة.

* أفقية الجهاز :

يضبط بمسامير التسوية وميزان التسوية كما سبق أن أشرنا عند ضبط الميزان وضبط اللوحة المستوية.

* صحة التطبيق Focussing :

وقد سبق أن أشرنا إليه عند دراستنا منظار الأليداد ومنظار الميزان.

إستعمال التيودوليت فى قياس الزوايا

أولاً : قياس الزوايا الأفقية :

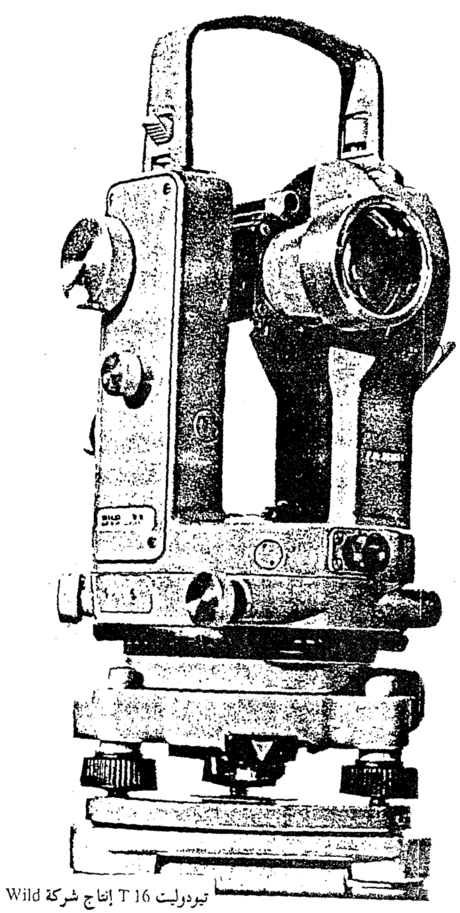
لقياس زاوية أفقية مثل ب أ جـ نجرى الخطوات التالية :

١ - نضع الجهاز فوق رأس الزاوية (أ) ونجرى عمليتى التسامت والأفقية ونضع الشواخص فوق مراكز العلامات التى سنرصد عليها فى (ب ، جـ) ويكون سن الشاخص فوق النقطة تماماً، والشواخص رأسية تماماً.

٢ - نفك جميع مسامير ربط القرصين، ونذير القرص العلوى على السفلى حتى ينطبق صفر الورنية (A) على صفر تدريج القرص الأفقى تقريباً، ونربط المسمار الذى يربط القرصين معاً. ثم نضبط الصفرين على بعض تماماً بمسمار الحركة البطيئة العلوى.

٣ - نفك مسمار ربط القرص الأفقى فيدور القرصان معاً. نوجه المنظار نحو الهدف الأيسر (ب) ونرصد بالتقريب من فوق المنظار ثم نربط المسمار وننظر خلال المنظار ونجرى عملية التطبيق لتوضيح الصورة، ثم ننصف الشاخص عند أدنى نقطة فيه بالشعرة الرأسية بواسطة مسمار الحركة البطيئة للحافة الأفقية، ثم ندون قراءتى الورنيتين، ويعرف التيودوليت في هذه الحالة بأنه موجه توجيهاً أساسياً.

٤- نفك مسمار ربط القرصين ونذير المنظار نحو (جـ) حتى نرصده تقريباً. نربط هذا المسمار وننصف الهدف بتحريك مسمار الحركة البطيئة للقرص العلوى ولانمس مطلقاً مسامير الحركة السفلى ثم نقرأ الورنيتين.



تيودوليت T 16 إنتاج شركة Wild

ضبط التسامت والأفقية اتوماتيكيا

ونظـراً إلى أن الجهـاز قـد يكون غير مضبوط ضبطاً تاماً ووجـود مصادر أخرى للأخطاء. فقد تكون قـراءة الورنيتين غير واحدة وبينهمـا إختـلاف بالزيادة والنقص، ولذلك يجب أن:

* تقاس الزوايا الأفقية مرة والجهاز متيامن أى أن الدائرة الرأسية تكون على يمين الراصد. ومرة أخرى والجهاز متياسر أى أن الدائرة على يسار الراصد وفى كل مرة تجرى الخطوات السابق ذكرها.

* تسجل قراءتى الورنيتين B , A . ونلاحظ أنه فى قراءة الورنية B يكتفى بتسجيل الدقائق والثوانى فقط. وتسجل القراءات كما هو مبين فى الجدول التالى:

نقطة الجهاز	النقطة المرصودة	الجهاز متيامن		الجهاز متياسر		المتوسط	الزاوية
		ورنية (A)	ورنية (B)	ورنية (A)	ورنية (B)		
		° ′ ″	′ ″	° ′ ″	′ ″	° ′ ″	
أ	ب	٠٠ ٠٠ ٠٠	٠٠ ٢٠	١٨٠ ٠٠ ٠٠	٠٠ ٤٠	٠٠ ٠٠ ١٥	٣٤ ٢٦ ٤٠
	جـ	٣٤ ٢٦ ٣٠	٢٦ ٥٠	٢١٤ ٢٧ ٠٠	٢٧ ٢٠	٣٤ ٢٦ ٥٥	

طرق قياس الزوايا الأفقية :

١ – طريقة التكرار Repetition :

تستعمـل هذه الطريقة فى الحالات التى تتطلب دقـة عالية فى قياس الزوايا الفردية. ومع إستخدام ثـ دوليت ذو ورنيتين ويجرى العمل كما يلى :

١ – بعد ضبط الجهاز تقوم بقياس الزاوية كما سبق أن أشرنا.

٢ – والجهـاز موجـه إلى النقطـة على اليمين، نفك القرص السفلى فقط، مع ترك العلوى مثبتاً به، ومازالت الورنية تقرأ الزاويـة المقيسـة، ثم نوجـه على ب من جديد بإستعمال مسـارى الحركة السريعة والبطيئة السفليين. ونفك

المسمار العلوى للربط ونوجهه إلى جـ ونقرأ الزاوية، ويجب أن تكون ضعف الأولى تقريباً.

- تعاد العملية بعدد مرات التكرار المطلوبة فتكون قيمة الزاوية المطلوب قياسها تساوى الزاوية الكلية مقسومة على عدد مرات التكرار.

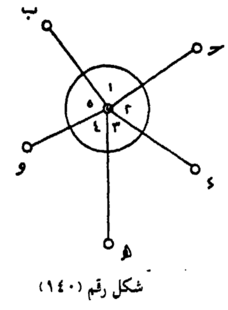
ومن مزايا هذه الطريقة تلافى عدم الدقة فى تقسيم الحافة الأفقية ويتلاشى إلى حد كبير تأثير عدم الضبط فى التوجيه والأخطاء الشخصية.

نقطة الرصد	الإتجاه	مرات التكرار	ورنية (A)	ورنية (B)	المتوسط	متوسط الزاوية
			° ' ''	° ' ''	° ' ''	° ' ''
	ب		٠٠° ٠٠' ٠٠''	١٨٠° ٠٠' ٠٠''		
	جـ	١	٢٤° ٣٢' ٢٠''	٣٢' ٤٠''		
أ		٢	٤٩° ٠٥' ٠٠''	٠٤' ٤٠''		
		٣	٧٣° ٣٨' ٠٠''	٣٧' ٤٠''		
		٤	٩٨° ٠٩' ٠٠''	٠٨' ٤٠''		
		٥	١٣٢° ٤١' ٢٠''	٣٠٢° ٤١' ٠٠''	١٢٢° ٤١' ١٠''	٢٤° ٣٢' ١٤''

٢ - طريقة الزوايا الفردية:

أ - نرصد كلاً من الزوايا ١ إلى ٥ شكل رقم (١٤٠) كل زاوية على حدة ومستقلة عن الباقى ويستنتج القيمة النهائية لكل زاوية كما فى الجدول التالى.

ب- قد نقاس بعض الزوايا على أقواس كما حدث فى الزاوية (١) وبذلك يكون المتوسط النهائى هو متوسط ما حصلنا عليه من أقواس



شكل رقم (١٤٠)

طريقة الزوايا الفردية

نقطة الجهاز : ن التاريخ : .. / .. / ..	رقم الجهاز : .. حالة الجهاز : جيد	حالة الجو : الرؤية واضحة مع رياح خفيفة دقة التيودوليت : ١٠″	ملاحظات

النقطة المرصودة	الجهاز متيامن ورنية (A) ° ′ ″	الجهاز متيامن ورنية (B) ′ ″	الجهاز متياسر ورنية (A) ° ′ ″	الجهاز متياسر ورنية (B) ′ ″	المتوسط ° ′ ″	الزاوية ° ′ ″	ملاحظات
ب	٠١ ٤٦ ٢٠	٤٦ ٤٠	١٨١ ٤٧ ٠٠	٤٦ ٤٠	٠١ ٤٦ ٤٠	٦٦ ٢٧ ٣٠	قيست الزاوية ب ن جـ على قوسين أما باقي الزوايا فعلى قوس واحد
جـ	٦٨ ١٤ ٠٠	١٣ ٤٠	٢٤٨ ١٤ ٢٠	١٤ ٤٠	٦٨ ١٤ ١٠		
ب	٩٢ ١١ ٠٠	١٢ ٠٠	٢٧٢ ١١ ٠٠	١١ ٢٠	٩٢ ١١ ٢٠	٦٦ ٢٧ ٢٠	
جـ	١٥٨ ٣٨ ٥٠	٣٩ ٠٠	٢٣٨ ٣٨ ٤٠	٣٨ ١٠	١٥٨ ٣٨ ٤٠		
جـ	٠٧ ٤٧ ٠٠	٤٦ ٤٠	١٨٧ ٤٦ ٠٠	٤٦ ٢٠	٠٧ ٤٦ ٣٠	٧٦ ٣١ ٢٥	
د	٨٤ ١٨ ٢٠	١٧ ٤٠	٢٦٤ ١٧ ٤٠	١٨ ٠٠	٨٤ ١٧ ٥٥		
د	١٨ ٠٠ ٠٠	٠٠ ٢٠	١٩٨ ٠٠ ٤٠	٠٠ ٢٠	١٨ ٠٠ ٢٠	٢٦ ٠٠ ٠٠	
هـ	٤٤ ٠٠ ٤٠	٠٠ ٠٠	٢٢٤ ٠٠ ٠٠	٠٠ ٤٠	٤٤ ٠٠ ٢٠		
هـ	٢٢ ٤٠ ٤٠	٤٠ ٤٠	٢٠٢ ٤١ ٢٠	٤١ ٢٠	٢٢ ٤١ ٠٠	٧٩ ١٣ ١٠	
و	١٠١ ٥٤ ٤٠	٥٣ ٣٠	٢٩١ ٥٤ ٠٠	٥٤ ٤٠	١٠١ ٥٤ ١٠		
و	٠١ ٠٠ ٠٠	٠٠ ٢٠	١٨١ ٠١ ٠٠	٠٠ ٤٠	٠١ ٠٠ ٣٠	١١١ ٤٧ ٥٠	
ب	١١٢ ٤٨ ٠٠	٤٧ ٤٠	٢٩٢ ٤٨ ١٠	٤٨ ٤٠	١١١ ٤٨ ٢٠		

ملحوظة : قيست الزاوية ب ن جـ على قوسين أما باقي الزوايا فعلى قوس واحد، مجموع الزوايا ٥٠″ ٥٩′ ٣٥٩° وخطأ القفل ١٠″، وعلى ذلك يكون تصحيح متوسط كل زاوية = $\frac{١٠}{٥}$ = ٢+″ .

جـ - نجمع المتوسطات النهائية لكل من الزوايا كما هو مبين فى العمود الأخير من الجدول فيجب أن يكون مجموع الزوايا ٣٦٠°، وإلا فإننا نوزع الخطأ (فى المثال ١٠ ثوانى) بالتساوى على الزوايا.

٣ - طريقة الإتجاهات: Direction Method:

أسرع من الطريقتين السابقتين من الناحية العملية والحسابية، وتفضل إذا كان عدد الزوايا عند نقطة الرصد كبيراً، وإن كانت هذه الطريقة أقل دقة من السابقة لأن أى أخطاء فى إحدى الزوايا يؤثر على الزاوية التالية لها، وبذا تتراكم الأخطاء ويكون من الصعب تصحيحها إلا بطرق حسابية معقدة.

أ - وفى هذه الطريقة نعتبر أن جميع الأشعة مرتبطة ببعضها كمجموعة واحدة ونفرض لها إتجاهاً أساسياً نبتدئ منه الرصد وليكن ن ب شكل رقم (١٤٠). ونتبع الخطوات السابقة حتى نرصد جـ ثم نوجه المنظار إلى (د) بعد فك القرص العلوى وترك السفلى ثابتاً وننصف الهدف فى (د). وندون قراءتى الورنيتين، ثم نفك القرص العلوى ونكرر ما سبق بالنسبة إلى (هـ) ثم إلى (و) ثم نعود مرة أخرى إلى ب مع ترك المسمار السفلى مربوطاً أثناء عمليات الرصد السابقة جميعاً. وبذلك نقفل الأفق ويتم هذا كله والمنظار فى وضع متيامن.

ب - نترك القرص السفلى مثبتاً ونحرك العلوى ونجعل المنظار فى وضع متياسر أى نلف المنظار ١٨٠° حول محوره الأفقى ثم حول محوره الرأسى ونرصد الاتجاه الأساسى نحو (ب).

حـ - نكرر ما سبق مع رصد النقط بالراجع أى فى إتجاه ضد عقرب الساعة، بادئين برصد الهدف (و) ثم (هـ) ثم (د) ثم (جـ) حتى نرجع إلى (ب) مرة أخرى، ويكون التدوين فى الجدول فى هذا الوجه من أسفل إلى أعلى فى الجدول وبذا يكون الوجه الأيمن مع عقرب الساعة والأيسر ضده، مع ملاحظة أننا لم نفك المسمار السفلى المربوط طوال فترة رصد الوجهين.

د - نكرر القياس على الأقواس كما سبق إن كان مطلوب القياس على أقواس لزيادة الدقة.

هـ - تحسب متوسط كل زاوية بين كل إتجاهين متتاليين لكل الأقواس، ويجب أن يكون مجموع المتوسط النهائى لكل الزوايا يساوى ٣٦٠° وإذا كان هناك خطأ فيوزع على الزوايا كما هو مبين فى الجدول التالى.

ويجب ملاحظة أن يتم الرصد فى هذه الطريقة فى أقصر وقت ممكن حتى نتخلص من المؤثرات الخارجية. وقياس جميع الإتجاهات على دفعة واحدة بدون توقف أو ترك وقت فراغ بين الأرصاد وبعضها. ويراعى أن يكون الإتجاه الأول (الأساسى) هو الأكثر وضوحاً حيث يتم الرصد عليه مرتين وحتى يكون خطأ القفل أقل مايمكن وغير متأثر بعدم وضوح الهدف.

ولحساب متوسط الإتجاهات ثم الزوايا بين هذه الإتجاهات نجرى مايلى :

أ - يبين العمود (١) متوسط القراءات الأربعة للورنيات لكل إتجاه.

ب - وفى العمود (٢) اعتبرنا الإتجاه الأول كأساس للمقارنة وتم طرح مقدار الإتجاه الأول فى العمود (١) من جميع الإتجاهات فى هذا العمود ونتجت القيم المذكورة فى العمود (٢).

جـ - يؤخذ متوسط الإتجاهات فى العمود (٣) فى الأقواس المختلفة فكان الإتجاه الأخير عند القفل ٥٧,٥″ ٥٩′ ٣٥٩° ، وكان يجب أن يكون ٣٦٠° وبذلك يكون خطأ القفل فى الأفق، = ٢,٥ ثانية.

فيكون تصحيح كل زاوية ٢.٥ ÷ ٥ = ٠.٥″

نبقى على الإتجاه الأساسى نحو (ب) صفراً ويصحح الثانى الإتجاه بمقدار ٠.٥″ والثالث بمقدار ١″ والرابع بمقدار ١.٥″، وهكذا كما هو مبين فى العمود (٤).

يطرح كل إتجاه من الذى يليه فنحصل على الزوايا بين الإتجاهات كما هو مبين فى العمود (٥).

طريقة الإتجاهات

النقطة	متيامن ورنية (A)			متيامن ورنية (B)		متياسر ورنية (A)			متياسر ورنية (B)		المتوسط (١)			الاتجاه (٢)			متوسط الاتجاه (٣)		
	″	′	°	″	′	″	′	°	″	′	″	′	°	″	′	°	″	′	°
ب	٤٠	١٢	٠٣	٢٠	١٥	٤٠	١٦	١٨٣	٤٠	١٦	٢٠	١٥	٠٣	٠٠	٠٠	٠٠	٠٠	٠٠	٠٠
جـ	٠٠	٢٤	٤٥	٤٠	٢٤	٠٠	٢٥	٢٢٥	٠٠	٢٤	١٥	٢٤	٤٥	٠٥	٠٩	٤٢	١٥,٠	٠٩	٤,٢
د	٠٠	٥٦	١٠١	٢٠	٥٨	٤٠	٠١	٢٨٢	٤٠	٠٠	١٠	٥٩	١٠١	٥٠	٤٣	٩٨	٥٢,٥	٥٠	٩٨
هـ	٢٠	١٢	١٨٧	٢٠	١٢	٤٠	١٢	٠٧	٤٠	١٢	٣٠	١٢	١٨٧	١٠	٥٧	١٨٣	٢٠,٠	٥٧	١٨٣
و	٤٠	٤٧	٢٣١	٤٠	٤٧	٢٠	٤٦	٥١	٤٠	٤٦	٠٥	٤٧	٢٣١	٤٥	٣١	٢٢٨	٤٢,٥	٣١	٢٢٨
ب	٢٠	١٥	٠٣	٢٠	١٣	٤٠	١٤	١٨٣	٢٠	١٤	٢٥	١٤	٠٣	٠٥	٥٦	٣٥٩	٥٧,٥	٥٩	٣٥٩
ب	٢٠	١٠	٨٥	٤٠	١٠	٠٠	١٠	٢٦٥	٤٠	١٠	٢٥	١٠	٨٥	٠٠	٠٠	٠٠			
جـ	٠٠	٢٠	١٢٧	٢٠	٢٠	٢٠	١٩	٣٠٧	٤٠	١٩	٥٠	١٩	١٢٧	٢٥	٠٩	٤٢			
د	٢٠	٠٧	١٨٤	٤٠	٠٧	٠٠	٠٧	٠٤	٢٠	٠٧	٢٠	٠٧	١٨٤	٥٥	٥٧	٩٨			
هـ	٠٠	٠٨	٢٦٩	٢٠	٠٨	٤٠	٠٩	٨٩	٤٠	٠٩	٥٥	٠٨	٢٦٩	٣٠	٥٧	١٨٣			
و	٠٠	٤٢	٣١٣	٢٠	٤٢	٠٠	٤٢	١٢٣	٠٠	٤٢	٠٥	٤٢	٣١٣	٤٠	٣١	٢٢٨			
ب	٤٠	١١	٨٥	٠٠	١١	٠٠	١١	٢٦٥	٢٠	١١	١٥	١١	٨٥	٥٠	٠٠	٠٠			

	(٤) الإتجاهات المصححة			(٥) الزوايا الصحيحة		
	″	′	°	″	′	°
ب	٠٠	٠٠	٠٣	١٥,٥	٠٩	٤٢
جـ	١٥,٥	٠٩	٤٢	٣٨	٤١	٥٦
د	٥٣,٥	٥٠	٩٨	٢٨	٠٦	٨٥
هـ	٢١,٥	٥٧	١٨٣	٢٣	٣٤	٤٤
و	٤٤,٥	٣١	٢٢٨	١٥,٥	٢٨	١٣١
ب	٠٠	٠٠	٣٦٠	٠٠	٠٠	٣٦٠°

ثانياً– قياس الزاوايا الرأسية :

تقاس زوايا الإرتفاع والإنخفاض عن المستوى الأفقى لدوران المنظار وتميز زوايا الإرتفاع بالعلامة (+) وزوايا الإنخفاض بالعلامة (–) وتقاس الزاويا الرأسية على وجهين والجدول التالى يبين نموذجاً لقياس زوايا إرتفاع أو إنخفاض مجموعة من الأهداف وحساب متوسط كل منها.

نقطة الرصد ن

+ إرتفاع ، – إنخفاض

النقطة المرصودة	الجهاز متيامن					الجهاز متياسر					الزاوية الرأسية		
	ورنية C			ورنية D		ورنيه C			ورنية D				
	″	′	°	″	′	″	′	°	″	′	″	′	°
+ أ	٤٠	٠١	٢٢	٢٠	٠١	٢٠	٠٢	٢٢	٠٠	٠٢	٥٠	٠١	٢٢
+ ب	٥٠	٤٦	٣٧	٢٠	٤٦	٢٠	٤٧	٣٧	١٠	٤٧	٥٥	٤٦	٣٧
– حـ	٢٠	١٥	١٤	١٠	١٥	٠٠	١٦	١٤	٥٠	١٥	٣٥	١٥	١٤
+ د	٤٠	٢١	٠٨	٠٠	٢١	٢٠	٢٢	٠٨	٠٠	٢٢	٤٥	٢١	٠٨

ترافيرس التيودوليت

المضلع أو الترافيرس هو شكل متعدد الأضلاع مكون من خطوط مستقيمة، ومارة بحدود المنطقة المراد رفعها أو متخللة لها، وغالباً تكون هذه الأضلاع قريبة من حدود التفاصيل حتى يسهل رفعها. والمساحة بالترافيرس إحدى طرق المساحة المستوية. وتعين نقط المضلع بقياس الخطوط والزوايا الأفقية بينها وقد يستعمل ترافيرس البوصلة أو البانتومتر في بعض الأعمال التي لا تتطلب دقة كبيرة ثم نرسم المضلع ونعمل التحشية عليه.

والمساحة بترافيرس والتيودوليت تعد أدق أنواع المساحة، وهي تستعمل في الأعمال التي تحتاج إلى دقة كبيرة وفي مساحة المدن، وفي المناطق المزدحمة بالمباني. والأدوات اللازمة للمساحة بترافيرس التيودوليت هي نفس الأدوات الخاصة بقياس الأطوال مع إستعمال الشريط الصلب بالإضافة إلى جهاز التيودوليت نفسه. ويجب العناية في تسجيل الأرصاد في الطبيعة، سواء أكانت طولية أم زاوية، كما يجب أن تقاس بعض الأطوال مثل خط القاعدة مرتين على الأقل في إتجاهين متضادين بالشريط الصلب.

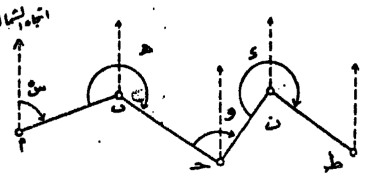
أولاً : المضلع المقفل Closed Traverse

هو ما كانت نقطة الإبتداء فيه هي نقطة الإنتهاء، ويفضل هذا النوع في رفع المباني في المدن والقرى وفي رفع المستنقعات وغير ذلك من المناطق التي يمكن إحاطتها بمضلع، هذا النوع يسهل تحقيقه في الحقل وفي المكتب.

كما توجد أنواع أخرى من المضلعات أو الترافيرسات وهي الترافيرس الموصل والترافيرس المفتوح وترافيرس المشروعات وترافيرس المدن وشبكات الترافيرسات سنشير عن هذه الأنواع فيما بعد.

(١) حساب إنحرافات الأضلاع:

تحسب إنحرافات الأضلاع الترافيرس بمعلومية إنحراف أحد الأضلاع سواء أكان معلوم ما قبل ذلك أو نفرضه بالإضافة إلى الزوايا بين الأضلاع. فإذا كان إنحراف أب المعلوم س° والزوايا بين خطوط المضلع هى هـ، و، د شكل رقم (١٤١).



شكل رقم (١٤١)

إنحراف ب جـ = س + هـ - ١٨٠°

إنحراف جـ ن = إنحراف ب جـ + و - ١٨٠°

وكذلك إنحراف ن ط = إنحراف جـ ن + د - ١٨٠°

وكقاعدة عامة:

إنحراف ضلع = إنحراف الضلع المعلوم + الزاوية من الضلع المعلوم إلى الضلع المطلوب فى إتجاه عقرب الساعة ±١٨٠°

أو

إنحراف ضلع = إنحراف الضلع المعلوم - الزاوية من الضلع المعلوم إلى الضلع المطلوب فى إتجاه ضد عقرب الساعة ±١٨٠°

مثال: يفرض أن إنحراف أ ب فى الشكل رقم (١٤١) ٦٥° وكانت الزوايا عند ب ٢٥٥° وعند جـ ١٠٠° وعند ن ٢٨٠° ومقاسه فى إتجاه عقرب الساعة، فما هى إنحرافات باقى أضلاع المضلع

الإجابة:

إنحراف أ ب = ٦٥°

إنحراف ب جـ = ٦٥ + ٢٥٥° − ١٨٠ = ١٤٠°

إنحراف جـ ن = ١٤٠ + ١٠٠ − ١٨٠ = ٦٠°

إنحراف د هـ = ٦٠ + ٢٨٠ − ١٨٠ = ١٦٠

مثال:

ما إنحراف ب جـ. جـ د علماً بأن إنحراف أب ٩٧°. والزوايا مقاسة ضد إتجاه عقرب الساعة كما في الشكل رقم (١٤٢)

شكل رقم (١٤٢)

إنحراف ب جـ = ٩٧° − ٢١٧° + ١٨٠° = ٦٠°

إنحراف جـ د = ٦٠° − ١٠٢° + ١٨٠° = ١٣٨°

(٢) حساب زوايا الترافيرس:

من المتبع دائماً قبل رصد زوايا المضلعات وقياس أطوال أضلاعها، أن نرسم كروكي عام للمضلع بمقياس رسم مناسب في دفتر الغيط، ونحدد على الكروكي القيمة المتوسطة للزاويا والأطوال المراد قياسها.

وهذا الكروكي يكون بمثابة مرجع لعمل الغيط وتحقيقه ويكتفي في الترافيرسات العادية بقياس الزوايا على قوس واحد فقط متيامن ومتياسر مع قراءة الورنيتين

والزوايا المرصودة أما أن تكون الزوايا الداخلية كما في شكل (٣) في الترافيرس أ ب جـ د هـ أ أو الزاويا الخارجية كما في شكل (٤) في الترافيرس أ ب جـ د هـ أ وذلك حسب تسمية الترافيرس.

تصحيح خطأ القفل في الزوايا:

في أي مضلع مقفل يجب أن يكون :

مجموع الزوايا الداخلية أو الخارجية = (٢ ن ± ٤) ق

حيث ن عدد زوايا المضلع أو عدد نقط المضلع، – ٤ إذا كانت الزوايا المقاسة داخلية، + ٤ إذا كانت الزوايا خارجية، ق = ٩٠°

وفى الشكل رقم (١٤٣ – أ) يجب أن يكون مجموع الزوايا الداخلية

=(٢ × ٥ – ٤)× ٩٠° = ٥٤٠ °

مجموع الزوايا المرصودة

أ :	٣٠ʺ	٥٣ʹ	٦٤°
ب :	١٥	٣٥	٢٠٦
جـ :	١٥	٢١	٦٤
د :	٤٥	٣٣	١٠٧
هـ :	٤٥	٣٨	٩٦
مجموع زوايا المضلع	٣٠	٠٢	٥٤٠°

شكل رقم (١٤٣)

∴ الخطأ = ٣٠ʺ ٠٢ʹ

فإذا كان عد زوايا المضلع ن، فإن خطأ القفل المحتمل وقوعه يتناسب مع الجذر التربيعى لعدد الزوايا ن. ويتم حسابه تبعاً للمعادلة الآتية:

الخطأ المسموح به بالثوانى = ٧٠ʺ $\sqrt{ن}$

والواقع أن الخطأ المسموح به يتراوح بين ٣٠" √ن ، ٧٠" √ن ، وفى بعض الأحوال يؤخذ تبعاً للمعادلة التالية:

الخطأ المسموح به = أقل قسم على الورنية فى التيودوليت " √ن

أما إذا كان الخطأ يزيد عن المقدار المسموح به فيجب إعادة العمل. ولتسهيل العمل والتخلص من إعادته جميعاً نقسم المضلع إلى أجزاء أو مثلثات مناسبة باستعمال الأقطار مثل ب هـ د شكل رقم (١٤٣) ويحقق كل على حدة، بل ويجب أن يجرى هذا التحقيق أثناء عمل الغيط وإكتشاف أى أخطاء لتلافى إعادة العمل كلياً أو جزئياً.

أما قياس المسافات بين رؤوس الترافيرس فيجب أن تقاس بدقة بإحدى طرق القياس السابق ذكرها.

ولتصحيح الزوايا فى هذا المثال يكون خطأ القفل المسموح به =

٧٠" √٥ = ١٥٦,٥" = ٢' ٣٦,٥" .

وبذلك فالخطأ مسموح به، ويوزع على الزوايا بالتساوى.

والقاعدة العامة كما ذكرنا، هى توزيع الخطأ بالتساوى على الزوايا ولكن فى بعض الأحوال تكون حالات الرصد غير متكافئة، مثل إختلاف الظروف الجوية أثناء الرصد أو وجود عوائق تمنع رؤية الشاخص كاملاً وإختلاف أطوال الأضلاع وفى هذه الحالة يتم توزيع الخطأ بنسب معينة يطلق عليها معاملات الشك.

وفى مثالنا نوزع الخطأ ٢' ٤٠" على زوايا المضلع بالتساوى فيكون تصحيح كل زاوية = -٣٠" ويطرح من كل زاوية ٤٠" فتصبح الزوايا كالآتى :

	قبل التصحيح			بعد التصحيح		
	″	′	°	″	′	°
أ	٣٠	٥٣	٦٤	٠٠	٥٣	٦٤
ب	١٥	٣٥	٢٠٦	٤٥	٣٤	٢٠٦
جـ	١٥	٢١	٦٤	٤٥	٢٠	٦٤
د	٤٥	٣٣	١٠٧	١٥	٣٣	١٠٧
هـ	٤٥	٣٨	٩٨	١٥	٣٨	٩٦
المجموع	٣٠	٠٢	٥٤٠	٠٠	٠٠	٥٤٠

٣ - حساب مركبات الأضلاع:

ولحساب مركبات الأضلاع نأتى أولاً بالانحرافات الدائرية والمختصرة لأضلاع الترافيرس ولحساب الإنحرافات الدائرية نبحث عن أحد الأضلاع المعلوم إنحرافه الدائرى وفى هذا المثال شكل رقم (١٤٣) الضلع المعلوم إنحرافه الدائرى هو د هـ = ٤٥″ ١٧′ ٩٨°

نبتدئ من هذا الخط المعلوم إنحرافه ونحسب إنحرافات الأضلاع إنحرافاً بعد آخر حتى نرجع للخط الأول كتحقيق للعمل، أى أن الإنحراف المحسوب أخيراً يجب أن يساوى الإنحراف المعلوم الذى ابتدأنا به.

إنحراف د هـ = ٤٥″ ١٧′ ٩٨°

إنحراف هـ أ = ٤٥″ ١٧′ ٩٨° + ١٨٠° + ١٥″ ٣٨′ ٩٦° = ٠٠ ٥٦ ١٤

إنحراف أ ب = ٠٠ ٥٦ ١٤ + ١٨٠ + ٠٠ ٥٣ ٦٤ = ٠٠ ٤٩ ٢٥٩

إنحراف ب جـ = ٠٠ ٤٩ ٢٥٩ + ١٨٠ + ٤٥ ٣٤ ٢٠٦ = ٤٥ ٢٣ ٢٨٦

إنحراف جـ د = ٤٥ ٢٣ ٢٨٦ + ١٨٠ + ٤٥ ٢٠ ٦٤ = ٣٠ ٤٤ ١٧٠

إنحراف ب جـ = ٣٠ ٤٤ ١٧٠ + ١٨٠ + ١٥ ٣٣ ١٠٧ = ٤٥ ١٧ ٩٨

ومن هذا نجد أن إنحراف د هـ المحسوب = الإنحراف المعلوم، وبذا يكون العمل الحسابي صحيحا.

ولحساب الإنحرافات المختصرة لهذه الأضلاع[1].

إنحراف د هـ المختصر	= ج	١٥	٤٢	٨١	ق
هـ أ	= ش	٠٠	٥٦	١٤	ق
أ ب	= ج	٠٠	٤٩	٧٩	غ
ب جـ	= ش	١٥	٣٦	٧٣	غ
جـ د	= ج	٣٠	١٥	٠٩	ق

وتدون الإنحرافات الدائرية والمختصرة في جدول الحسابات.

حساب مركبات الأضلاع :

المركبات هي مساقط الأضلاع على إتجاه الشمال عمودياً عليه. وتحسب أطوال المركبات من المعادلات التالية :

المركبة الرأسية للضلع = طول الضلع × جتا الإنحراف المختصر

المركبة الأفقية للضلع = طول الضلع × جا الإنحراف المختصر

وتعتبر المركبة الرأسية موجبة إذا كان الإنحراف المختصر شمالاً وسالبة إذا كان الإنحراف المختصر جنوباً، كذلك تعتبر المركبة الأفقية بالموجب إذا كان الإنحراف المختصر شرقاً وسالبة إذا كان الإنحراف المختصر غرباً.

ولحساب المركبات الرأسية والأفقية : تأتي أولاً بجيوب وجيوب تمام الإنحرافات المختصرة للاضلاع من جداول النسب المثلثية ويكفي إستعمال أربعة أرقام عشرية. والجدول التالي يوضح حساب المركبات الرأسية والأفقية.

---

(١) راجع ص ص ١٧١ – ١٧٢.

الضلع	الإنحراف المختصر	الجيب	جيب التمام	الطول بالمتر	المركبة الرأسية غير مصححة	المركبة الأفقية غير مصححة
د هـ	جـ ١٥ ٤٢ ٨١ ق	٠,٩٨٩٥	٠,١٤٤٤	٩٧١,١٦	- ١٤٠,١٤	+ ٩٦١,٠٨
هـ أ	ش ٠٠ ٥٦ ١٤ ق	٠,٢٥٧٧	٠,٩٦٦٥	٧٨٣,٣٢	+ ٧٥٦,٨٧	+ ٢٠١,٨٦
أ ب	جـ ٠٠ ٤٩ ٧٩ ق	،٩٨٤٢	٠,١٧٧٤	٦٩٠,٨٨	- ١٢٢,١٥	- ٦٨٠,٠٠
ب جـ	ش ١٥ ٣٦ ٧٣ غـ	٠,٩٥٩٣	٠,٢٨٢٢	٦٠٦,٠٥	+ ١٧٣,٩٠	- ٥٩١,٠٠
جـ د	جـ ٣٠ ١٥ ٠٩ غـ	٠,١٦١٠	٠,٩٨٧٠	٦٧٧,٩٧	- ٦٦٩,١٣	+ ١٠٩,٠٨
	المجموع			٣٧٢٩,٣٨	+ ٩٣٠,٧٧	+ ١٢٧٢,٠٢
					- ٩٣١,٤٢	- ١٢٧١,٠٠
				المجموع الجبرى	- ٠,٦٥	+ ١,٠٢

٤ - خطأ القفل فى المركبات وتصحيحه :

فى المضلعات المقفلة يجب أن يكون المجموع الجبرى لكل من المركبات الأفقية والرأسية يساوى صفرا ويندر أن يتحقق ذلك لإحتمال الأخطاء فى قياس الأطوال والزوايا وبذا فإنه عند رسم المضلع يحدث خطأ قفل ولاتنطبق نقطة الإنتهاء على نقطة الإبتداء والمسافة بين النقطتين تسمى خطأ القفل.

فإذا فرض أن المجموع الجبرى للمركبات الأفقية = س

والمجموع الجبرى للمركبات الرأسية = ص

فتكون س ، ص هما المركبة الأفقية والمركبة والرأسية لخطأ القفل على التوالى. ويكون قيمة خطأ القفل يساوى .

$$\text{طول خطأ القفل} = \sqrt{س^2 - ص^2}$$

ونسبة خطأ القفل = طول خطأ القفل . طول المحيط الكلى للمضلع

توزيع خطأ القفل فى المركبات (التصحيح):

يتم حساب خطأ القفل على أساس نسبة طول خطأ القفل إلى مجموع أطوال المضلع وليست هناك قاعدة معينة لنسبة خطأ القفل المسموح بها فى أرصاد التيودوليت ولكن اتخذت الفئات التالية كحدود لنسبة خطأ القفل المسموح بها على أساس أن طول خطأ القفل متراً واحداً ومجموع محيط الترافيرس الأرقام التالية:

فى الأراضى الوعرة من ٥٠٠ إلى ٢٠٠٠ متر

فى الأراضى الزراعية من ٢٠٠٠ إلى ٤٠٠٠ متر

فى المدن من ٣٠٠٠ إلى ٦٠٠٠ متر

فإذا لم يتجاوز خطأ القفل قيمته المسموح بها حسب كل حالة فيوزع الخطأ تبعاً لإحدى الطرق الآتية :

أ - طريقة بودتش Bowditch :

هذه الطريقة لها أساس نظرى رياضى، وإن كانت تعتمد على فروض لاتتحقق جميعها، فقد فرض أن الأخطاء فى المقاسات الطولية والخطأ فى قياس الزوايا تتناسب مع الجذر التربيعى لطول الخط. وعلى هذا استنتج أن تصحيح الخطأ فى مركبات كل خط على حدة يكون كما يلى :

$$\text{تصحيح المركبة الأفقية للخط} = \text{المركبة الأفقية للخطأ س} \times \frac{\text{طول الخط}}{\text{مجموع أطوال الأضلاع}}$$

$$\text{تصحيح المركبة الرأسية للخط} = \text{المركبة الرأسية للخطأ ص} \times \frac{\text{طول الخط}}{\text{مجموع أطوال الأضلاع}}$$

وفى هذا المثال : الخطأ فى مجموع المركبات الأفقية = + ١,٠٢ ، الخطأ فى مجموع المركبات الرأسية = - ٠,٦٥

∴ طول خطأ القفل = $\sqrt{س^2 + ص^2}$

= $\sqrt{(1,02)^2 + (-0,65)^2}$ = 1,21 = 1,21 متراً

نسبة خطأ القفل = 1,21 : 3729

1 : 3090 (مسموح به)

وتفضل هذه الطريقة فى تصحيح مركبات أضلاع ترافيرس البوصلة، إذ أن التصحيح فى هذه الحالة يغير فى الزوايا أكثر مما يغير فى الأطوال التى لا تتأثر إلا طفيفاً، وفى البوصلة يكون إحتمال الخطأ فى قياس الزوايا أى الإنحرافات أكبر بكثير من إحتمال الخطأ فى قياس الأطوال. كما تستعمل هذه الطريقة أيضاً فى ترابرسات التيودوليت.

ب – طريقة الأحداثيات :

تفضل فى ترافيرس التيودوليت إذ أن التصحيح ينصب تقريباً على الأطوال فقط وهذا يلائم ترافيرس التيودوليت حيث نقاس الزوايا بدقة أكبر كثيراً من دقة قياس الأطوال، ولذا يجب ألا يؤثر التصحيح على الزوايا إلا بأقل قدر ممكن. والتصحيح بهذه الطريقة كما يلى :

تصحيح المركبة الأفقية للخط =

$$= \frac{\text{طول المركبة الأفقية للخط}}{\text{المجموع العددى للمركبات الأفقية}} \cdot \text{المركبة الأفقية للخطأ}$$

تصحيح المركبة الرأسية للخط

$$= \frac{\text{طول المركبة الرأسية للخط}}{\text{المجموع العددى للمركبات الرأسية}} \times \text{المركبة الأفقية للخطأ}$$

وفى هذه الطريقة نجد أن إنحراف الضلع له تأثير كبير فى توزيع التصحيحات فمثلاً لو وجد فى المضلع خط رأسى فإن هذا الخط لايأخذ أى قسط من مركبة

الأفقية لخطأ القفل، بينما نفس هذا الخط يأخذ مقداراً متناسباً مع طوله من هذه المركبة إذا إستعملنا طريقة بودتش.

وبعد إجراء التصحيح يجب أن يكون المجموع الجبرى لكل من المركبات الأفقية والرأسية يساوى صفراً.

ولتصحيح المركبات الرأسية والأفقية بطريقة بودتش تم حسابها كما فى الجدول التالى :

الخط	التصحيح فى المركبة الرأسية	التصحيح فى المركبة الأفقية	المركبة الرأسية مصححة	المركبة الأفقية مصححة
أ ب	٦٩١ × $\frac{٠,٦٥}{٣٧٢٩}$ = ٠,١٢	٦٩١ × $\frac{١,٠٢}{٣٧٢٩}$ = -٠,١٩	- ١٢٢,٠٣	- ٦٨٠,١٩
ب جـ	٦١٦ × » = ٠,١١	٦١٦ × » = -٠,١٧	+ ١٧٤,٠١	- ٥٩١,١٧
جـ د	٦٧٨ × » = ٠,١٢	٦٧٨ × » = -٠,١٨	- ٦٦٩,٠١	+ ١٠٨,٩٠
د هـ	٩٧١ × » = ٠,١٧	٩٧١ × » = -٠,٢٧	- ١٣٩,٩٧	+ ٩٦٠,٨١
هـ أ	٧٨٣ × » = ٠,١٣	٧٨٣ × » = -٠,٢١	+ ٧٥٧,٠٠	+ ٢٠١,٦٥
المجموع	= ٠,٦٥	١,٠٢	صفر	صفر

إحداثيات نقط المضلع :

نوجد إحداثيات النقط بالنسبة لمحورين متعامدين أحدهما إتجاه شمال/ جنوب وهو محور الصادات، والثانى إتجاه شرق/ غرب وهو محور السينات، والإشارات الموجبة للشمال والشرق والسالبة للجنوب والغرب.

وإذا كان الشكل سيرسم مستقلاً غير مرتبط بمضلعات سابقة فيحسن أن نفرض نقطة الأصل إحدى نقط المضلع الواقعة إلى أقصى الجنوب الغربى حتى تكون جميع الإحداثيات الأفقية للنقط موجبة ويمكن الإستعانة بذلك من واقع

الكروكي. وعلى العموم يمكن فرض إحداثيات أي نقطة من نقط المضلع ونحسب منه إحداثيات باقي النقط .

أما إذا كانت إحداثيات إحدى النقط معلومة فنحسب إحداثيات النقط الأخرى على هذا الأساس حتى تكون مرتبطة بما سبق من مضلعات أو نقطة ثابتة. وفي المثال نفرض أن نقطة أ إحداثيها ٨٥٧,٠٠ شمالاً ، ١٣٧١,٣٦ شرقاً.

لإيجاد إحداثيات نقطة ب التالية لها نضيف مركبات الخط أ ب جبرياً على إحداثيات أ. ثم نضيف مركبات ب جـ على إحداثيات ب للحصول على إحداثيات جـ، وهكذا إلى النهاية. ويجب العودة مرة أخرى إلى إحداثيات (أ) كتحقيق للعمل إذ يجب أن تكون إحداثيات (أ) المعلومة هي نفسها المحسوبة. وهذا ما يوضحه الجدول التالي :

	راسي	أفقي
إحداثيات أ مركبات أ ب	+ ٨٥٧,٠٠ - ١٢٢,٠٣	+ ١٣٧١,٣٦ - ٦٨٠,١٩
إحداثيات ب مركبات ب جـ	٧٣٤,٩٧ ١٧٤,٠١	٦٩١,١٧ - ٥٩١,١٧
إحداثيات جـ مركبات جـ د	٩٠٨٩٨ - ٦٦٩,٠١	١٠٠,٠٠ ١٠٨٩٠
إحداثيات د مركبات د هـ	٢٢٩,٩٧ ١٣٩,٩٧	٢٠٨٩٠ ٩٦٠,٨١
إحداثيات هـ مركبات هـ أ	١٠٠,٠٠ ٧٥٧,٠٠	١١٦٩,٧١ ٢٠١,٦٥
إحداثيات أ للتحقيق	٨٥٧,٠٠	١٣٧١,٣٦

توقيع المضلع على الخريطة :

أ – طريقة الإحداثيات الكلية للنقط :

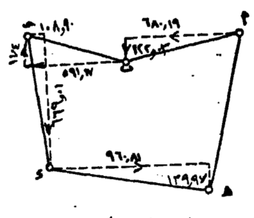
توقع النقط بمعلومية إحداثياتها المحسوبة مثل أى رسم بيانى عادى كما فى شكل (١٤٤). وفى الأعمال الدقيقة يستعمل جهاز خاص لتوقيع هذه النقط على الخريطة ويعرف هذا الجهاز بجهاز توقيع الإحداثيات (Co-ordinatograph) وهو يوقع النقط بدقة ٠,٠٥ من المليمتر.

شكل رقم (١٤٤)

طريقة الاحداثيات الكلية للنقط

ب – طريقة مركبات الأضلاع :

نبتدئ من أى نقطة مثل أ ، ونرسم مركبات الخط أ ب فى إتجاهاتها المصححة أى إلى الغرب (اليسار) بالقيمة ٦٨٠,١٩ متر وإلى الجنوب (أسفل) بمقدار ١٢٢,٠٣ متر شكل (١٤٥) فتتعين ب . ثم ترسم مركبات ب جـ، وهكذا ضلعاً بعد آخر حتى نصل إلى نقطة أ مرة أخرى ولايوجد خطأ قفل لأننا سبق أن صححناه.



شكل رقم (١٤٥) طريقة مركبات الأضلاع :

فوائد المركبات والإحداثيات :

* إمكان معرفة أبعاد الخريطة حتى يمكن وضع الخريطة في الوضع المناسب وذلك إذا استعملنا طريقة الإحداثيات.
* بحساب مساحات المضلعات أو أجزاء منها.
* الحصول على أطوال قد يصعب أو يستحيل إيجادها من الطبيعة.

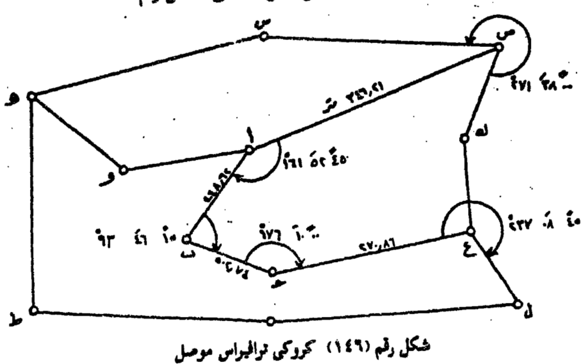
ثانياً : الترافيرس الموصل Connecting Traverse

الترافيرس الموصل هو الذى يبدأ من ضلع معلوم ومركباته وينتهى بضلع آخر معلوم انحرافه ومركباته فمثلاً ص أ ب جـ ع ترافيرس موصل يبتدئ من الخط س ص وينتهى بالربط على الخط ع ل ، وكل من هذين الخطين ثابت في الإتجاه ، أى أن إنحرافيهما معلوم وإحداثيات ص ، ع نقطتى إبتداء وإنتهاء الترافيرس معلومة ومحققة والشكل رقم (١٤٦) عبارة عن كروكى لهذا الترافيرس مدون عليه الزوايا والأطوال فإذا كانت إحداثيات :

ص = ١٢٠٠ شمالاً، ١٠٠٠ شرقاً وإنحراف س ص ٤٥ ٢٢ ١٥٦°

، ع = ٥٢٤,٨٥ شمالاً، ١٤٠٧,٣٦ شرقاً وإنحراف ع ل ٠٠ ٧٥ ١٥١

فهذه الإنحرافات والإحداثيات تظل ثابتة وتضبط نقط المضلع الموصل الجديد على أساسها. ويرسم كما في الترافيرس المقفل ويوضح عليه أطوال الخطوط والزوايا والملاحظات، والكروكى يساعد كثيراً في الحل كما في الشكل رقم (١٤٦).



شكل رقم (١٤٦) كروكى ترافيراس موصل

١ - تصحيح خطأ القفل :

ونسميه أيضاً خطأ الربط، فالمفروض أننا إذا ابتدأنا وحسبنا إنحراف أول خط فى المضلع الموصل ص أ بمعلومية الضلع الثابت س ص ثم إنحراف أ ب، ب جـ، جـ ع، ثم نربط على ع ل المعلوم إنحرافه وذلك بمعلومية الزوايا، فإن من الواجب أن يكون إنحراف ع ل المحسوب يساوى إنحرافه المعلوم.

إنحراف ص أ = ٤٥ ٢٢ ١٥٦ + ١٨٠ + ٠٠ ٣٨ ٢٧١ = ٤٥ ٠٠ ٢٤٨

إنحراف أ ب = ٤٥ ٠٠ ٢٤٨ - ١٨٠ + ٤٥ ٥٢ ١٦١ = ٣٠ ٥٣ ١٤٨

إنحراف ب جـ = ٣٠ ٥٣ ١٨٤ - ١٨٠ + ١٥ ٤٦ ٩٣ = ٤٥ ٣٩ ٩٨

إنحراف جـ ع = ٤٥ ٣٩ ٩٨ + ١٨٠ + ٠٠ ١٠ ١٧٦ = ٤٥ ٤٩ ٩٤

إنحراف ع ل = ٤٥ ٤٩ ٩٤ + ١٨٠ + ٤٥ ٠٨ ٢٣٧ = ٣٠ ٥٨ ١٥١

ولكن إنحراف ع ل المعلوم = ٠٠ ٥٧ ١٥١

الفرق (الخطأ) = ٣٠ ٠١

المسموح به = ١٥٤ لأن عدد الزوايا ٥

أى أن كل زاوية تصحح بمقدار ٩٠ ÷ ٥ = ١٨ والأفضل هنا أن نصحح الإنحرافات. ولذلك فعلينا أن نطرح من الإنحرافات المحسوبة، ولدينا هنا خمسة إنحرافات نريد تصحيحها، فنصحح الإنحراف الأول بمقدار - ١٨ والثانى بمقدار -٣٦ والثالث -٥٤ وهكذا حتى الأخير ع ل فيصحح بمقدار -٩٠ وبذا نصحح خطأ القفل وذلك على النحو التالى :

	قبل التصحيح	مقدار التصحيح	بعد التصحيح
ص أ	٤٥ ٠٠ ٢٤٨	-١٨ ٠٠	= ٢٧ ٠٠ ٢٤٨
أ ب	٣٠ ٥٣ ١٨٤	-٣٦ ٠٠	= ٥٤ ٥٢ ١٨٤
ب جـ	٤٥ ٣٩ ٩٨	-٥٤ ٠٠	= ٥١ ٣٨ ٩٨
جـ ع	٤٥ ٤٩ ٩٤	-١٢ ٠١	= ٣٣ ٤٨ ٩٤
ع ل	٣٠ ٥٨ ١٥١	-٣٠ ٠١	= ٠٠ ٥٧ ١٥١

٢- حساب المركبات الأفقية والرأسية :

تحسب المركبات الأفقية والرأسية كما فى المضلع المقفل تماماً.

المركبة الأفقية = طول الضلع × جا الإنحراف المختصر

المركبة الرأسية = طول الضلع × جتا الإنحراف المختصر

ويتكون لدينا الجدول التالى :

الخط	الطول (متر)	الإنحراف المختصر	مركبة أفقية غير مصححة	مركبة رأسية غير مصححة
ص أ	٣٤٦,٢١	جـ ٢٧ ٠٠ ٦٨ عـ	– ٣٢١,٠٢	– ١٢٩,٦٥
أ ب	٤٤٨,٦٢	جـ ٥٤ ٥٢ ٠٤ غـ	– ٣٨,١٨	– ٤٤٦,٩٩
ب جـ	٥٠٢,٧٤	جـ ٠٩ ٢١ ٨١ ق	+ ٤٩٧,٠٣	– ٧٥,٥٩
جـ ع	٢٧٠,٨٦	جـ ٢٧ ١١ ٨٥ ق	+ ٢٦٩,٩١	– ٢٢,٧١
	١٥٦٨,٤٣			

٣ - حساب إحداثيات النقط وتصحيحها :

إن الترافيرس الموصل يبتدئ من نقطة معلوم إحداثياتها وينتهى بنقطة معلوم إحداثياتها، فإذا بدأنا حساب الإحداثيات من النقطة الأولى فإننا نحصل على إحداثيات النقطة النهائية بالحساب، فإذا اختلف الناتج الحسابى عن المعطى، وهذا ناتج عن تراكم الأخطاء فى الرصد وأخطاء الأجهزة نفسها، فهناك خطأ قفل.

نحسب إحداثيات النقط أ ، ب ، جـ ، ع بمعلومية احداثيات النقطة المعلومة (ص) ونحسب الفرق بين إحداثيات (ع) المعلومة والمحسوبة فتكون هى مركبات خطأ القفل، ثم نرى إذا كان مسموحاً به أم لا. وفيما يلى حساب إحداثيات النقط:

	الإحداثيات الأفقية	الإحداثيات الرأسية
إحداثيات ص ،	١٠٠٠,٠٠	١٢٠٠,٠٠
مركبات ص أ	- ٣٢١,٠٢	- ١٢٩,٦٥
إحداثيات أ	٦٧٨,٩٨	١٠٧٠,٣٥
مركبات أ ب	- ٣٨,١٨	- ٤٤٦,٩٩
إحداثيات ب	٦٤٠,٨٠	٦٢٣,٣٦
مركبات ب جـ	٤٩٧,٠٣	- ٧٥,٥٩
إحداثيات جـ	١١٣٧,٨٣	٥٤٧,٧٧
مركبات جـ ع	٢٦٩,٩١	- ١٢,٧١
إحداثيات ع المحسوبة	١٤٠٧,٧٤	٥٢٥,٠٦
مركبات ع المعلومة	١٤٠٧,٣٦	٥٢٤,٨٥
فيكون خطأ القفل	+ ٠,٣٨	+ ٠,٢١

∴ طول خطأ القفل = $\sqrt{(٠,٣٨)^{٢} + (٠,٢١)^{٢}}$ = ٠,٤٣ متر

ولما كان طول محيط الترافيرس ١٥٦٨,٤٣ متراً فتكون نسبة خطأ القفل

= ٠,٤٣ : ١٥٦٨,٤٣ = ١ : ٣٦٤٧,٥

ولما كان الخطأ الموجود فى كل من الإحداثيات الأفقية والرأسية موجباً، فيجب أن تصحح إحداثيات النقط أ ، ب ، جـ، ع بنسبة مسافة كل منها عن نقطة الإبتداء إلى طول المسافة الكلية ١٥٦٨,٤٣ ويكون التصحيح بالسالب.

تصحيح إحداثيات أ الأفقية = ٠,٣٨ × $\frac{٣٤٦}{١٥٦٨}$ = - ٠,٠٨

تصحيح إحداثيات أ الرأسية = ٠,٢١ × " = - ٠,٠٤

وبالتالى يكون من الواجب تصحيح الاحداثيات الأفقية والرأسية لتصبح كما فى الجدول التالى :

النقطة	الإحداثيات الأفقية			الإحداثيات الرأسية		
	قبل التصحيح	التصحيح	بعد التصحيح	قبل التصحيح	التصحيح	بعد التصحيح
أ	٦٧٨٫٩٨	-٠٫٠٨	٦٧٨٫٩٠	١٠٧٠٫٣٥	-٠٫٠٤	١٠٧٠٫٣١
ب	٦٤٠٫٨٠	-٠٫١٩	٦٤٠٫٦١	٦٢٣٫٣٦	-٠٫١٠	٦٢٣٫٢٦
جـ	١١٣٧٫٨٣	-٠٫٣١	١١٣٧٫٥٢	٥٤٧٫٧٧	-٠٫١٧	٥٤٧٫٦٠
د	١٤٠٧٫٧٤	-٠٫٣٨	١٤٠٧٫٣٦	٥٢٥٫٠٦	-٠٫٢١	٥٢٤٫٨٥

٤ - توقيع المضلع :

يتم رسم المضلع كما سبق أن أشرنا عند رسم المضلع المقفل إما بطريقة الاحداثيات الكلية للنقط أو بمركبات الأضلاع.

أمثلة على ترافيرس التيودوليت

١ - تصحيح الزوايا الأفقية المقاسة بالتيودوليت

المثال الأول :

عند قياس زوايا بجهاز التيودوليت، أخذت الأرصاد الآتية من نقطة س :

نقطة الإرتكاز	النقطة	الوضع متيامن للجهاز					الوضع متياسر للجهاز				
		ورنية (١)			ورنية (٢)		ورنية (١)			ورنية (٢)	
		″	′	°	″	′	″	′	°	″	′
س	أ	٢٠	٢٨	٠٠٢	٤٠	٢٨	٠٠	٢٨	٩٨٢	٤٠	٣٧
	ب	٠٠	٤٢	٨٧	٢٠	٤٢	٢٠	٤٢	٢٦٧	٤٠	٤٢
	جـ	٤٠	٠٢	١٥٣	٢٠	٠٢	٠٠	٠٢	٣٣٣	٢٠	٠٢
	د	٢٠	٣٧	٢١٤	٤٠	٣٦	٤٠	٣٦	٣٤	٠٠	٣٧
	هـ	٠٠	١٨	٢٨٥	٤٠	١٧	٢٠	١٧	١٠٥	٠٠	١٧
	أ	٢٠	٢٨	٠٢	٤٠	٢٨	٠٠	٢٩	١٨٢	٤٠	٢٨

والمطلوب حساب وتصحيح الزوايا المقاسة بين هذه النقط .

طريقة الإجابة

يلاحظ من الجدول أن عندما بدأ الرصد بالتيودوليت بدأ بالإتجاه س أ وكان الوضع متيامناً، فكانت قراءة الورنية (١) ٢٠″ ٢٨′ ٢° أما الورنية (٢) فكانت ٤٠″ ٢٨′ ١٨٢° ، وقد اكتفى في الجدول بذكر الدقائق والثواني فقط نظراً لإحتمال حدوث فرق في قراءتيهما، أما الدرجات فلم تكتب لأنها تكون معروفة إذ أن الفرق بين الورنتين ١٨٠° .

وبتوالي عمليات رصد النقط التالية ب، جـ، د، هـ المحيطة بنقطة الإرتكاز س الموجود عندها جهاز التيودوليت، ثم إنتهى برصد النقطة أ مرة ثانية، فلم تنطبق الورنيتان على نفس القراءة السابق ذكرها عند بدء الرصد. ولما تغير وضع المنظار وأصبح متياسراً ثم إدارة القرص العلوى المثبت به الورنيتان نصف دائرة أي ١٨٠° حتى يعود المنظار متجهاً إلى النقطة أ ، فكانت قراءة الورنية (١) ٠٠″ ٢٩′ ١٨٢° والورنية (٢) ٤٠″ ٢٨′ ٢٠° ، ثم أعيد رصيد النقط هـ، د، جـ، ب (بالراجع) وتم تدوين نتائج الرصد في الجدول من أسفل إلى أعلى في خانة « الوضع متياسر للجهاز » حتى انتهى إلى النقطة أ .

ولتصحيح الإتجاهات نأخذ أولاً متوسط كل إتجاه وذلك بجمع الأرصاد الأربعة المأخوذة للنقطة وقسمتها على عددها (٤).

متوسط إتجاه س أ (البداية) : متوسط مجموع الأرصاد

= (٢٠″ ٢٨′ + ٤٠″ ٢٨′ + ٠٠″ ٢٨′ + ٤٠″ ٢٧′) ÷ ٤

= ٤٠″ ١١٢′ ÷ ٤ = ١٠″ ٢٨′

ويلاحظ عند أخذ المتوسط أننا جمعنا الدقائق والثواني فقط ولم نجمع الدرجات حيث أنه لا فروق فيها ومتوسطها ٢° (وذلك بعد طرح ١٨٠° من

قراءة الورنية (٢) فى الوضع المتيامن ، ١٨٠° من قراءة الورنية (١) فى الوضع المتياسر. فيكون متوسط إتجاه س أ = ١٠° ٢٨َ ٢ً

متوسط إتجاه س ب: يلاحظ من الجدول أنه لايوجد فروق فى الدرجات وكذلك فى الدقائق إذ أن متوسط الدرجات (بعد طرح ١٨٠°) هو ٨٧° ومتوسط الدقائق ٤٢َ.

∴ متوسط الثوانى = (٠٠ + ٢٠ + ٢٠ + ٤٠) ÷ ٤ = ٢٠ً

فيصبح متوسط إتجاه س ب = ٢٠ً ٤٢َ ٨٧°

متوسط إتجاه س جـ: متوسط الدرجات والدقائق = ٠٢َ ١٥٣°

متوسط الثوانى = (٤٠ + ٢٠ + ٠٠ + ٢٠) ÷ ٤ = ٢٠ً

∴ متوسط إتجاه س جـ = ٢٠ً ٠٢َ ١٥٣°

متوسط إتجاه س د: متوسط الدرجات ٢١٤°، وحيث أنه يوجد فرق فى الدقائق وكذلك الثوانى فيكون متوسطهما

= (٢٠ً ٣٧َ + ٤٠ً ٣٦َ + ٤٠ً ٣٦َ + ٠٠ً ٣٧َ) ÷ ٤

= (٤٠ً ١٤٧َ) ÷ ٤ = ٥ً ٣٦َ

∴ متوسط إتجاه س جـ = ٥٥ً ٣٦َ ٢١٤°

متوسط إتجاه س هـ : متوسط الدرجات ٢٨٥° (ويلاحظ أنه قد أضيف فى هذه الحالة والحالة السابقة ١٨٠° إلى قراءة الورنية (٢) فى الوضع المتيامن، ١٨٠° إلى قراءة الورنية (١) فى الوضع المتياسر).

متوسط الدقائق والثوانى :

= (٠٠ً ١٨َ + ٤٠ً ١٧َ + ٢٠ً ١٧َ + ٠٠ً ١٧َ) ÷ ٤

= ٣٠ً ١٧َ

∴ متوسط إتجاه س هـ = ٣٠ً ١٧َ ٢٨٥°

متوسط اتجاه س أ (النهاية) متوسط الدرجات ٢°

متوسط الدقائق والثواني

= (٢٠″ ٢٨′ − ٤٠″ ٢٨′ + ٠٠″ ٢٩′ + ٤٠″ ٢٨′) ÷ ٤

= (٤٠″ ١١٤′) ÷ ٤ = ٤٠″ ٢٨′

متوسط اتجاه س أ الأخير = ٤٠″ ٢٨′ ٢°

ثم يعاد حساب الإتجاهات وذلك بجعل إتجاه س أ الأول (عند بداية الرصد) = صفر ثم طرح قيمة إتجاه س أ الأول من باقي الإتجاهات كما في الجدول الآتي:

نقطة الارتكاز	النقطة	متوسط الاتجاه ″	′	°	الاتجاه ″	′	°	تصحيح الاتجاه ″	′	°
س	أ	١٠	٢٨	٠٢	٠٠	٠٠	٠٠	٠٠	٠٠	٠٠
	ب	٢٠	٤٢	٨٧	١٠	١٤	٨٥	٠٤	١٤	٨٥
	جـ	٢٠	٠٢	١٥٣	١٠	٣٤	١٥٠	٥٨	٣٣	١٥٠
	د	٥٥	٣٦	٢١٤	٤٥	٠٨	٢١٢	٢٧	٠٨	٢١٢
	هـ	٣٠	١٧	٢٨٥	٢٠	٤٩	٢٨٢	٥٦	٤٨	٢٨٢
	أ	٤٠	٢٨	٠٢	٣٠	٠٠	٠٠	٠٠	٠٠	٠٠

فيكون هناك خطأ قدره ٣٠″ إذ يجب أن يكون إتجاه س أ الأخير مساوياً لإتجاه س أ الذي رصد في البداية. ويقسم هذا الخطأ على عدد الزوايا (٥ زوايا)، فيكون نصيب كل زاوية من هذا الخطأ. = ٣٠ ÷ ٥ = ٦″

ويجب طرح هذا الخطأ مع مضاعفته مع كل إتجاه حتى تتلاشى الزيادة.

فيطرح من إتجاه س ب ٠٦″ ، من إتجاه س جـ ١٢″ ، من إتجاه س د ١٨″ ، من إتجاه س هـ ٢٤″ ، من إتجاه س أ ٣٠″ .

فتصبح الإتجاهات مصححة كما هو مبين بالجدول السابق فى خانة «تصحيح الإتجاه».

ولحساب الزوايا :

مقدار الزاوية = الفرق بين إتجاهى الضلعين المحصورة بينهما الزاوية ويجب أن يكون مجموع الزوايا = ٣٦٠° كما فى الجدول الآتى :

نقطة الإرتكاز	النقطة	الإتجاه مصححاً	الزاوية
(رأس الزاوية)	أ	٠٠″ ٠٠′ ٠٠°	
			٠٤″ ١٤′ ٨٥°
	ب	٠٤ ١٤ ٨٥	
			٥٤ ١٩ ٦٥
س	جـ	٥٨ ٣٣ ١٥٠	
			٢٩ ٣٤ ٦١
	د	٢٧ ٠٨ ٢١٢	
			٢٩ ٤٠ ٧٠
	هـ	٥٦ ٤٨ ٢٨٢	
			٠٤ ١١ ٧٧
	أ	٠٠ ٠٠ ٠٠	
المجموع			٠٠ ٠٠ ٣٦٠

٢ - الترافيرس المقفل بالتيودوليت

المثال الثانى :

أخذت الأرصاد الآتية لمضلع ترافيرس مقفل أ ب جـ ب هـ بالتيودوليت فى إتجاه ضد عقرب الساعة، فكانت زواياه وأطوال أضلاعه كالآتى :

< أ ٣٠″ ٥٣′ ١٠٧° طول الضلع أ ب ٧٤٢ مترا

< ب ١٥ ٣٥ ١٥١ طول الضلع ب جـ ٦١٠ أمتار

< جـ ١٥ ٢١ ٩٨ طول الضلع جـ د ٩٥٥ مترا

< د ٤٥ ٣٣ ٩١ طول الضلع د هـ ١١٧٠ مترا

< هـ ٤٥ ٣٨ ٩٠ طول الضلع هـ أ ٨٦٤ مترا

وكان إنحراف الضلع د هـ الدائرى ٢٥١° ١٧′ ٤٥″ ونسبة الخطأ المسموح به للمركبات ١/٥٠٠٠ وإحداثيات نقطة ب هى ٢٢٤,٢٥ جنوباً ، ٥٢٨,٦١ شرقاً، والمطلوب رسم هذا المضلع على لوحة بمقياس ١ : ٧٥٠ بطريقة الإحداثيات مرة وبطريقة المركبات مرة أخرى.

طريقة الإجابة

١ – الكروكى :

يرسم كروكى واضح لخطوط الترافيرس، ويحسن جداً رسمه بمقياس رسم ومنقلة، فإن ذلك يفيدنا كثيراً فى تبين الشكل الحقيقى للمضلع ومواضع النقط بالنسبة لبعضها البعض.

شكل رقم (١٤٧) كروكى الترافيرس

٢ – تصحيح خطأ قفل الزوايا :

يجب قبل البدء فى إجراء أى حسابات التأكد من صحة زوايا المضلع وذلك باستخدام القانون : مجموع الزوايا الداخلية فى أى شكل = ق (٢ ن – ٤)

(ق = ٩٠° ، ن = عدد زوايا الشكل)

أى أنها يجب أن تكون فى هذا المثال = ٩٠ (٢ × ٥ – ٤) = ٥٤٠°

ولكن مجموع الزوايا فى هذا المثال = ٥٤٠° ٠٢′ ٣٠″

الخطأ = ٥٤٠° ٠٢′ ٣٠″ – ٥٤٠° ٠٠′ ٠٠″ = ٠٠° ٠٢′ ٣٠″

∴ الخطأ المسموح به للزوايا = ٧٠″ √ن ثانية (حيث ن عدد زوايا المضلع)

الخطأ المسموح به فى المثال = ٧٠″ √٥ = ١٥٦″ = ٠٢′ ٣٦″

∴ الخطأ المسموح به

∴ نصيب كل زاوية من الخطأ = ٣٠″ ٢′ ÷ ٥ = ٣٠″

ولما كان مجموع الزوايا أكثر من ٥٤٠° أى أن الخطأ بالزيادة ، فنقوم بطرح ٣٠″ من كل زاوية ، فتصبح زوايا الترافيرس مصححة كالآتى :

الزاوية	الزاوية قبل التصحيح			الزاوية بعد التصحيح		
	″	′	°	″	′	°
< أ	٣٠	٥٣	١٠٧	٠٠	٥٣	١٠٧
< ب	١٥	٣٥	١٥١	٤٥	٣٤	١٥١
< جـ	١٥	٢١	٩٨	٤٥	٢٠	٩٨
< د	٤٥	٣٣	٩١	١٥	٣٣	٩١
< هـ	٤٥	٣٨	٩٠	١٥	٣٨	٩٠
المجموع				٠٠	٠٠	٥٤٠

٣ – حساب الإنحرافات الدائرية للأضلاع

فى هذه المثال الترافيرس ضد إتجاه عقرب الساعة. فيكون إنحراف الضلع = إنحراف الضلع السابق ± ١٨٠° + الزاوية المحصورة بين الضلعين.

إنحراف د هـ = ٤٥″ ١٧′ ٢٥١°

إنحراف هـ أ = ٤٥ ١٧ ٢٥١° − ١٨٠ + ١٥ ٣٨ ٩٠° = ٠٠ ٥٦ ١٦١

إنحراف أ ب = ٠٠ ٥٦ ١٦١ + ١٨٠ + ٠٠ ٥٣ ١٠٧ = ٠٠ ٤٩ ٨٩

إنحراف ب جـ = ٠٠ ٤٩ ٨٩ + ١٨٠ + ٤٥ ٣٤ ١٥١ = ٤٥ ٢٣ ٦١

إنحراف جـ د = ٤٥ ٢٣ ٦١ + ١٨٠ + ٤٥ ٢٠ ٩٨ = ٣٠ ٤٤ ٣٣٩

إنحراف د هـ = ٣٠ ٤٤ ٣٣٩ − ١٨٠ + ١٥ ٣٣ ٩١ = ٤٥ ١٧ ٢٥١

٤ – حساب الإنحرافات المختصرة للأضلاع :

تحسب الإنحرافات المختصرة طبقاً للإنحرافات الدائرية السابق إيجادها.

ويمكن وضع الإنحرافات الدائرية والمختصرة فى صورة جدول كالآتى .

الضلع	الإنحراف الدائرى	الإنحراف المختصر
أ ب	٠٠ ٤٩ ٨٩	ش ٠٠ ٤٩ ٨٩ ق
ب جـ	٤٥ ٢٣ ٦١	ش ٤٥ ٢٣ ٦١ ق
جـ د	٣٠ ٤٤ ٣٣٩	ش ٣٠ ١٥ ٢٠ غـ
د هـ	٤٥ ١٧ ٢٥١	جـ ٤٥ ١٧ ٧١ غـ
هـ أ	٠٠ ٥٦ ١٦١	جـ ٠٠ ٠٤ ١٨ ق

٥ - حساب مركبات الخطوط:

نأتى أولاً بجيوب وجيوب تمام الإنحرافات المختصرة للأضلاع من جداول النسب المثلثية كما في الجدول الآتى :

الضلع	طول الضلع بالمتر	الإنحراف المختصر	جا الإنحراف المختصر	جا الإنحراف المختصر
أ ب	٧٤٢	ش ٠٠ ٤٩ ٨٩ ق	٠,٠٠٣٢	١,٠٠٠٠
ب جـ	٦١٠	ش ٤٥ ٢٣ ٦١ ق	٠,٤٧٨٧	٠,٧١٢٠
جـ د	٩٥٥	ش ٣٠ ١٥ ٢٠ غـ	٠,٩٣٨٢	٠,٣٤٦٢
د هـ	١١٧٠	جـ ٤٥ ١٧ ٧١ غـ	٠,٣٢٠٦	٠,٩٤٧٢
هـ أ	٨٦٤	جـ ٠٠ ٠٤ ١٨ ق	٠,٩٥٠٧	٠,٣١٠١

وتكون المركبات الرأسية والأفقية للأضلاع كالآتى :

الضلع	المركبات الرأسية		المركبات الأفقية	
	+ ش	- جـ	+ ق	- غـ
أ ب	٢,٣٧٤٤		٧٤٢,٠٠٠٠	
ب جـ	٢٩٢,٠٠٧٠		٤٣٤,٣٢٠٠	
جـ د	٨٩٥,٩٨١٠			٣٣٠,٦٢١٠
د هـ		٣٧٥,١٠٢٠		١١٠٨,٢٢٤٠
هـ أ		٨٢١,٤٠٤٨	٢٦٧,٩٢٦٤	
المجموع	١١٩٠,٣٦٢٤	١١٩٦,٥٠٦٨	١٤٤٤,٢٤٦٤	١٤٣٨,٨٤٥٠

وينجب أن يكون مجموع المركبات الرأسية الموجبة مساوياً لمجموع المركبات الرأسية السالبة، وكذلك الحال بالنسبة للمركبات الأفقية.

إلا أنه في هذا المثال نجد أن :

المجموع الجبرى للمركبات الرأسية = ١١٩٠,٣٦ - ١١٩٦,٥١ = - ٦.١٥

المجموع الجبرى للمركبات الأفقية = ١٤٤٤,٢٥ - ١٤٣٨,٨٥ = + ٥,٤٠

(يمكن إهمال الأرقام العشرية ويكتفى بأقرب رقمين عشريين).

وحيث أن المجموع الجبرى للإحداثيات الرأسية أو الأفقية لم يكن صفراً فيكون هناك خطأ قفل.

٦ - تصحيح خطأ قفل المركبات :

إذا كان خطأ القفل مسموحا به فيوزع على المركبات الرأسية والأفقية بالطريقة التى سنذكرها فيما بعد. وفى المثال نجد أن:

مجموع المركبات الرأسية = - ٦,١٥ ومجموع المركبات الأفقية = + ٥.٤٠

∴ خطأ القفل = $\sqrt{ص^٢ + س^٢}$

$= \sqrt{(-٦,١٥)^٢ + (+٥,٤٠)^٢} = ٨,١٨$ متر

، نسبة خطأ القفل = ٨,١٨ : ٤٣٤١

= ١ : ٥٣٠,٦٨

وحيث أن نسبة خطأ القفل المسموح بها فى هذا المثال $\frac{١}{٥٠٠}$

∴ نسبة خطأ القفل مسموح بها وتوزع على المركبات الرأسية والأفقية فى المثال.

٧- توزيع خطأ القفل على المركبات:

ا - طريقة الإحداثيات :

تصحيح المركبة الرأسية للضلع = طول المركبة الرأسية للضلع × $\frac{\text{المركبة الرأسية للخطأ}}{\text{مجموع المركبات الرأسية}}$

تصحيح المركبة الأفقية للضلع = طول المركبة الأفقية للضلع × $\frac{\text{المركبة الأفقية للخطأ}}{\text{مجموع المركبات الأفقية}}$

ثم يضاف مقدار التصحيح الناتج (سواء للمركبات الرأسية أو الأفقية) أو يطرح طبقاً لإشارات المركبات حتى يصبح المجموع الجبرى للمركبات الرأسية أو الأفقية صفراً.

ب - طريقة بودتش :

وأساس هذه الطريقة :

تصحيح المركبة الرأسية للضلع = طول الضلع × $\frac{\text{المركبة الرأسية للخطأ}}{\text{محيط الضلع}}$

تصحيح المركبة الأفقية للضلع = طول الضلع × $\frac{\text{المركبة الأفقية للخطأ}}{\text{محيط الضلع}}$

وفيما يلى تصحيح المركبات الرأسية والأفقية فى المثال بطريقة بودتش .

تصحيح المركبات الرأسية :

مقدار التصحيح للضلع أ ب = ٧٤٢ × $\frac{٦,١٥}{٤٣٤١}$ = ١,٠٥

" " " ب جـ = ٦١٠ × " = ٠,٨٦

" " " جـ د = ٩٥٥ × " = ١,٣٥

" " " د هـ = ١١٧٠ × " = ١,٦٦

" " " هـ أ = ٨٦٤ × " = ١,٢٣

المجموع ٦,١٥

تصحيح المركبات الأفقية :

مقدار التصحيح للضلع أ ب = ٧٤٢ × $\frac{٥,٤}{٤٣٤١}$ = ٠,٩٢

" " " ب جـ = ٦١٠ × " = ٠,٧٦

" " " جـ د = ٩٥٥ × " = ١,٢٠

" " " د هـ = ١١٧٠ × " = ١,٤٥

" " " هـ أ = ٨٦٤ × " = ١,٠٧

المجموع ٥,٤٠

ولتصحيح المركبات الرأسية فى الجدول نجد أن مجموع المركبات الموجبة أقل من مجموع المركبات السالبة، فيضاف مقدار التصحيح السابق إيجاده للأضلاع ذات المركبات الموجبة وطرح مقدار التصحيح من الأضلاع ذات المركبات السالبة فيكون مجموع المركبات الموجبة والسالبة متساوياً ومجموعهما الجبرى يساوى صفر.

∴ المركبة الرأسية للضلع أ ب مصححة = ٢,٣٧ + ١,٠٥ = ٣,٤٢

" " " ب جـ " = ٢٩٢,٠١ + ٠,٨٦ = ٢٩٢,٨٧

المركبة الرأسية للضلع جـ د المصححة = ٨٩٥,٩٨ + ١,٣٥ = ٨٩٧,٣٣

" " د هـ " = ٣٧٥,١٠ − ١,٦٦ = ٣٧٣,٤٤

" " هـ أ " = ٨٢١,٤١ − ١,٢٣ = ٨٢٠,١٨

ولتصحيح المركبات الأفقية فى الجدول، نجد أن مجموع المركبات السالبة أقل من مجموع المركبات الموجبة، فيضاف مقدار التصحيح السابق إيجاده للمركبات السالبة لكل ضلع، ويطرح مقدار التصحيح من المركبات الموجبة فيصبح مجموع المركبات الموجبة مساوياً للمركبات السالبة.

المركبة الأفقية للضلع أ ب مصححة = ٧٤٢,٠٠ − ٠,٩٢ = ٧٤١,٠٨

" " " ب جـ " = ٤٣٤,٣٢ − ٠,٧٦ = ٤٣٣,٥٦

" " " جـ د " = ٣٣٠,٦٢ + ١,٢٠ = ٣٣١,٨٢

" " " د هـ " = ١١٠٨,٢٣ + ١,٤٥ = ١١٠٩,٦٨

" " " هـ أ " = ٢٦٧,٩٣ − ١,٠٧ = ٢٦٦,٨٦

ويمكن وضع هذه المركبات المصححة كما فى الجدول الآتى :

الضلع	المركبات قبل التصحيح		المركبات بعد التصحيح	
	الرأسية	الأفقية	الرأسية	الأفقية
أ ب	+ ٢,٣٧	+ ٧٤٢,٠٠	+ ٣,٤٢	+ ٧٤١,٠٨
ب جـ	+ ٢٩٢,٠١	+ ٤٣٤,٣٢	+ ٢٩٢,٨٧	+ ٤٣٣,٥٦
جـ د	+ ٨٩٥,٩٨	− ٣٣٠,٦٢	+ ٨٩٧,٣٣	− ٣٣١,٨٢
د هـ	− ٣٧٥,١٠	− ١١٠٨,٢٢	− ٣٧٣,٤٤	− ١١٠٩,٦٨
هـ أ	− ٨٢١,٤١	+ ٢٦٧,٩٣	− ٨٢٠,١٨	+ ٢٦٦,٨٦
المجموع	− ٦,١٥	+ ٥,٤٠	٠٠,٠٠	٠٠,٠٠

٨ - إحداثيات نقط المضلع :

أ - طريقة الإحداثيات :

توجد إحداثيات النقط بالنسبة لمحورين متعامدين أحدهما رأسياً يمثل المحور الصادى (إتجاه الشمال موجب وإتجاه الجنوب سالب) والمحور الآخر أفقياً يمثل المحور السينى (إتجاه الشرق موجب وإتجاه الغرب سالب).

ولإيجاد إحداثيات نقط رؤوس المضلع نتبع مايأتى :

أ - نكتب الإحداثى الرأسى لنقطة ب (حيث أنها المعلومة فى المثال) ويميز بعلامة + إذا كان شمالاً، - إذا كان جنوباً. وكذلك الإحداثى الأفقى بالموجب إذا كان شرقاً وبالسالب إذا كان غرباً.

ب - نجمع جبرياً المركبة الرأسية للضلع ب جـ مع الإحداثى الرأسى لنقطة ب فيكون الناتج هو الإحداثى الرأسى لنقطة جـ وتدل علامته الموجبة أو السالبة على إتجاهه شمالاً أو جنوباً. كذلك نجمع جبرياً المركبة الأفقية للضلع ب جـ مع الإحداثى الأفقى لنقطة ب ، فيكون الناتج هو الإحداثى الأفقى لنقطة جـ وتدل علامته الجبرية على إتجاهه + شرقاً - غرباً).

جـ - نستمر فى هذه العملية بجمع المركبات الرأسية والأفقية للأضلاع جبرياً مع الإحداثيات الرأسية والأفقية للنقط حتى ننتهى إلى إحداثيات النقطة التى بدأنا بها فنحصل على إحداثياتها الرأسية والأفقية السابق البدء بها وذلك للتحقيق. وفيما يلى حساب إحداثيات نقط رؤوس المضلع :

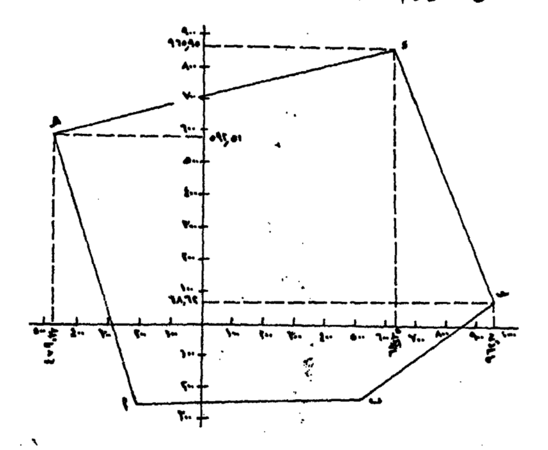
	الإحداثي الرأسي	الإحداثي الأفقي
ب	- ٢٢٤,٢٥	+ ٥٢٨,٦١
ب جـ	+ ٢٩٢,٨٧	+ ٤٣٣,٥٦
جـ	+ ٦٨,٦٢	+ ٩٦٢,١٧
جـ د	+ ٨٩٧,٣٣	- ٣٣١,٨٢
د	+ ٩٦٥,٩٥	+ ٦٣٠,٣٥
د هـ	- ٣٧٣,٤٤	- ١١٠٩,٦٨
هـ	+ ٥٩٢,٥١	- ٤٧٩,٣٣
هـ أ	- ٨٢٠,١٨	+ ٢٦٦,٨٦
أ	- ٢٢٧,٦٧	- ٢١٢,٤٧
أ ب	+ ٣,٤٢	+ ٧٤١,٠٨
ب (للتحقيق)	- ٢٢٤,٢٥	+ ٥٢٨,٦١

ومن هذا ينتج أن إحداثيات نقط رؤوس المضلع كما يأتي :

إحداثيات نقطة ب الرأسي ٢٢٤,٢٥ متراً جنوباً، الأفقي ٥٢٨,٦١ متراً شرقاً
،، ،، جـ ،، ٦٨,٦٢ متراً شمالاً، ،، ٩٦٢,١٧ متراً شرقاً
،، ،، د ،، ٩٦٥,٩٥ متراً شمالاً، ،، ٦٣٠,٣٥ متراً شرقاً
،، ،، هـ ،، ٥٩٢,٥١ متراً شمالاً، ،، ٤٧٩,٣٣ متراً غرباً
،، ،، أ ،، ٢٢٧,٦٧ متراً جنوباً، ،، ٢١٢,٤٧ متراً غرباً

ولرسم المضلع على المحورين الرأسي والأفقي يكون ذلك طبقاً لمقياس الرسم المطلوب، ويقسم كل محور إلى أقسام متساوية حسب مقياس الرسم كما هو الحال في مقاييس الرسم الخطية، فهذه المحاور عبارة عن أربعة مقاييس خطية تبدأ

من نقطة التقائهم. ثم توقع كل نقطة طبقاً لإحداثيها الرأسي والأفقي وإتجاهها كما في الشكل رقم (١٤٨).



شكل رقم (١٤٨) رسم مضلع الترافيرس بطريقة الإحداثيات

ب - طريقة المركبات :

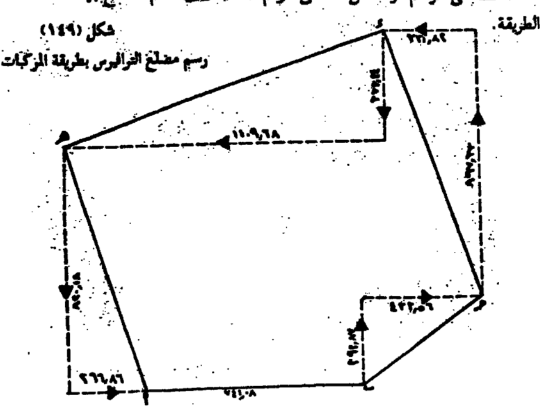
١ - نوقع نقطة ب في مكان مناسب من اللوحة، ونسترشد في ذلك بالكروكي السابق رسمه، ثم نرسم مركبات الضلع ب جـ في الإتجاه الذي تدل عليه علامتها الجبرية، فالمركبة الرأسية موجبة أي تجاه الشمال والأفقية موجبة أي تجاه الشرق. فنقوم بقياس خط تجاه الشمال طوله = طول المركبة الرأسية للضلع ب جـ = ٢٩٢,٨٧ متر (طبقاً لمقياس الرسم) ومن نهاية هذا الخط نقيم عموداً عليه تجاه الشرق، طوله = طول المركبة الأفقية للضلع ب جـ = ٤٣٣,٥٦ متراً فتعتبر نهاية هذا الخط نقطة جـ

٢ - نرسم بعداً قدره ٨٩٧,٣٣ متراً من نقطة جـ في إتجاه الشمال، ومن نهاية هذا البعد نقيم عليه عموداً تجاه الغرب طوله ٣٣١,٨٢ متراً فتكون نقطة د في نهايته.

٣ - من نقطة د نقيس بعدا قدره ٢٧٣,٤٤ مترا في إتجاه الجنوب، ومن نهايته نقيم عليه عموداً تجاه الغرب طوله ١١٠٩,٦٨ متراً وهما مركبتا الضلع د هـ الرأسية والأفقية على التوالي، فتصبح نهاية هذا العمود نقطة هـ.

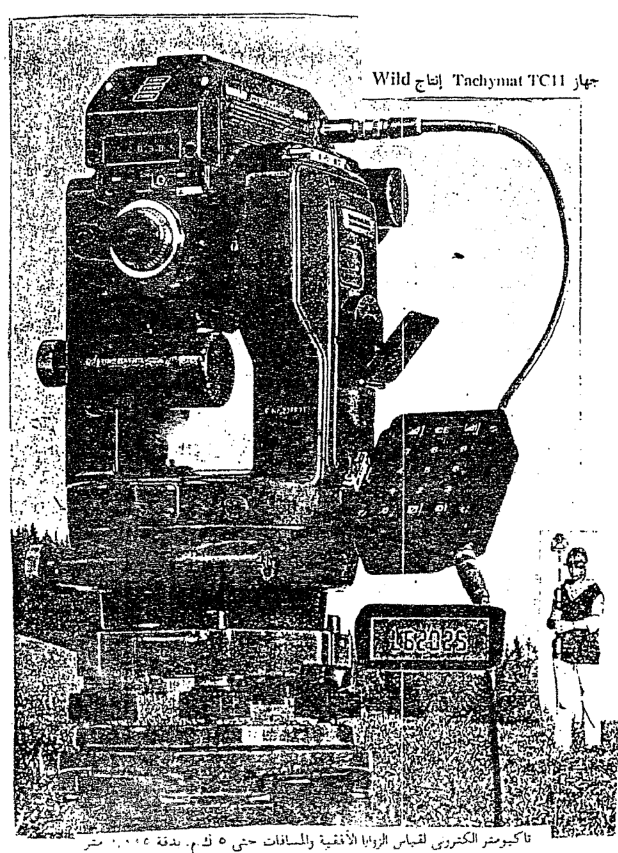
٤ - من نقطة هـ نقيس بعداً قدره ٨٢٠,١٨ متراً تجاه الجنوب، ومن نهاية هذا البعد نقيم عليه عموداً في إتجاه الشرق بطول قدره ٢٦٦,٨٦ فتكون نهايته هي نقطة أ.

٥ - وإذا رسمنا من نقطة أ خطاً طوله ٣,٤٢ متراً تجاه الشمال وأقمنا عليه من نهايته عموداً طوله ٧٤١,٠٨ تجاه الشرق، فإننا نجد أن نهاية هذا العمود ستنطبق على نقطة ب السابق توقيعها. وإذا لم يتطبقا فمعنى هذا أن هناك خطأ في الرسم. والشكل التالي (رقم ١٤٩) يبين رسم المضلع بهذه الطريقة.



شكل (١٤٩)
رسم مضلع الترافيرس بطريقة المركبات

جهاز Tachymat TC11 إنتاج Wild



تاكيومتر الكتروني لقياس الزوايا الأفقية والمسافات حتى ٥ كم. بدقة ٠٫٠٠٥ متر
ومزود بحاسب آلي لتحديد إحداثيات الأهداف ومناسيبها.

٣ – الترافيرس المتصل بالتيودوليت

المثال الثالث :

ص أ ب جـ ع ترافيرس متصل فى إتجاه عقرب الساعة يربط على الخطين س ص، ع ل وكلاهما خطوط من ترافيرس سابق مصحح. فإذا أخذت الأرصاد الآتية :

الزاوية	″	′	°	الطول
< ص =	٢٥	١٠	٢٣١	وطول س ص ٤٥٠ مترا
< أ =	٣٠	٤٥	١٣٩	وطول ص أ ٥١٠ أمتاراً
< ب =	٠٠	٢٢	٩١	وطول أ ب ٦٥٠ مترا
< جـ =	١٥	٣٠	٢٣١	وطول ب جـ ٧٨٠ مترا
< ع =	٣٥	٤٠	٢٨٦	وطول جـ ع ٦٤٠ مترا

وكانت إحداثيات النقط س ، ص ، ع كالآتى :

إحداثيات نقطة س ١٥١٩,٨١ شمالاً ، ٧٥٧,٤٢ شرقاً

،، نقطة ص ١٠٧٨,٣١ شمالاً ، ٩٥٠٠,٩٢ شرقاً

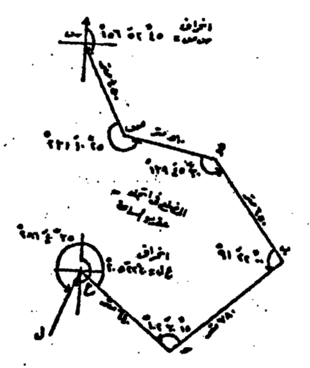
،، نقطة ع ٣٦٧,٨٣ شمالاً ، ٦٩٣,٥٧ شرقاً

وكان إنحراف ع ل المختصر جـ °٢٠ ′٢٢ ″٢٥ غـ

والمطلوب حساب وتصحيح زوايا هذا الترافيرس ورسمه بطريقة الإحداثيات بمقياس ١ : ٥٠٠ علماً بأن نسبة الخطأ المصرح بها للمركبات ١٠٠٠/١

طريقة الإجابة

نرسم أولاً كروكى للشكل حتى يمكن أن يساعدنا فى حل المثال ويكتب عليه جميع الأرصاد المذكورة بالمثال، كما فى الشكل (رقم ١٥٠).



شكل (٦٩) كروكى مضلع الترافيرس المتصل

١ - حساب الخطأ فى الزوايا وتصحيحها :

لحساب الخطأ فى الزوايا لابد أن نأتى بالإنحراف الدائرى للضلعين س ص ، ع ل ، حيث أنهما يرتبطان بترافيرس سابق مصحح ، وعلى هذا فإن إنحرافاتهما تكون صحيحة. ولإيجاد الإنحراف الدائرى للضلع س ص من واقع إحداثيات نقطتى س ، ص ، تستخدم القاعدة الآتية :

$$\text{ظا الإنحراف المختصر للضلع} = \frac{\text{الفرق بين إحداثيه الأفقيين}}{\text{الفرق بين إحداثيه الرأسيين}}$$

وبمعرفة ظا الإنحراف المختصر، يمكن إيجاد الإنحراف المختصر من واقع الجداول الرياضية بالبحث عن مقابل ظله فى جدول الظلال. ويتم تحديد الربع الموجود فيه هذا الإنحراف عن طريق إشارات البسط والمقام عند إيجاد ظا الإنحراف المختصر. وبمعرفة الإنحراف المختصر للضلع والربع الموجود فيه يمكن إيجاد الإنحراف الدائرى لهذا الضلع.

$$\therefore \text{ظا الإنحراف المختصر للضلع س ص} = \frac{٩٥٠,٩٢ - ٧٥٧,٤٢}{١٠٧٨,٣١ - ١٥١٩,٨١}$$

$$= \frac{-١٩٣,٥٠}{+٤٤١,٥٠} = ٠,٤٣٨٢$$

وحيث أن المركبة الأفقية بالسالب والرأسية بالموجب فمعنى ذلك أن هذا الضلع يقع فى الربع الثانى أى الربع الجنوبى الشرقى. وبالكشف فى جدول الظلال عن المقابل للرقم ٠,٤٣٨٢

نجد أنه يساوى = ١٥" ٠٧' ٢٣°

∴ الإنحراف المختصر للضلع س ص = جـ ١٥" ٠٧' ٢٣° ق

وعلى هذا يكون إنحرافه الدائرى

= ٠٠" ٠٠' ١٨٠° - ١٥" ٠٧' ٢٣° = ٤٥" ٥٢' ١٥٦°

، إنحراف ع ل المختصر = جـ ٢٠" ٢٢' ٢٥° غ

أى أنه يقع فى الربع الثالث الجنوبى الغربى.

وعلى هذا يكون إنحرافه الدائرى

= ٠٠" ٠٠' ١٨٠° + ٢٠" ٢٢' ٢٥° = ٢٠" ٢٢' ٢٠٥°

إنحراف س ص = ٤٥" ٥٢' ١٥٦°

إنحراف ص أ = ٤٥ ٥٢ ١٥٦ + ١٨٠ - ٢٥ ١٠ ٢٣١ = ٢٠ ٤٢ ١٠٥

إنحراف أ ب = ٢٠ ٤٢ ١٠٥ + ١٨٠ - ٣٠ ٤٥ ١٣٩ = ٥٠ ٥٦ ١٤٥

إنحراف ب جـ = ٥٠ ٥٦ ١٤٥ + ١٨٠ - ٠٠ ٢٢ ٩١ = ٥٠ ٣٤ ٢٣٤

إنحراف جـ ع = ٥٠ ٣٤ ٢٣٤ - ١٨٠ - ٣٠ ١٥ ١٠٢ = ٣٥ ٠٤ ٣١٢

إنحراف ع ل = ٣٥ ٠٤ ٣١٢ - ١٨٠ - ٣٥ ٤٠ ٢٨٦ = ٢٠ ٢٤ ٢٠٥

ولكن إنحراف ع ل الدائرى الصحيح ٢٠" ٢٢' ٢٠٥°

∴ خطأ القفل = ٠٠" ٢٤' ٢٠٥° - ٢٠" ٢٢' ٢٠٥° = ٤٠" ٠١' ٠٠°

، خطأ القفل المسموح به = ٧٠" √ن = ٧٠" √٥

= ١٥٦" = ٣٦" ٠٢'

خطأ القفل مسموح به ويوزع بالتساوى على زوايا الترافيرس.

فيكون نصيب كل زاوية = ٤٠″ ٠١′ ÷ ٥ = ٢٠″ ٠٠′

ويضاف هذا الخطأ لكل زاوية من زوايا الترافيرس فتصبح كالآتي :

الزاوية	الزاوية قبل التصحيح	الزاوية بعد التصحيح
< ص	٢٣١° ١٠′ ٢٥″	٢٣١° ١٠′ ٤٥″
< أ	١٣٩ ٤٥ ٣٠	١٣٩ ٤٥ ٥٠
< ب	٩١ ٢٢ ٠٠	٩١ ٢٢ ٢٠
< جـ	١٠٢ ٣٠ ١٥	١٠٢ ٣٠ ٣٥
< ع	٢٨٦ ٤٠ ٣٥	٢٨٦ ٤٠ ٥٥

ثم نحسب الإنحرافات الدائرية للأضلاع ثانياً بعد تصحيح الزوايا، فتنتج الإنحرافات الدائرية مصححة ويجب أن تنتهى بانحراف ع ل الصحيح وهو ٢٠٥° ٢٢′ ٢٠″

إنحراف س ص = ١٥٦° ٥٢′ ٤٥″

إنحراف ص أ = ٤٥″ ٥٢′ ١٥٦° + ١٨٠ − ٤٥″ ١٠′ ٢٣١° = ٠٠ ٤٢ ١٠٥

إنحراف أ ب = ٠٠ ٤٢ ١٠٥ + ١٨٠ − ٥٠ ٤٥ ١٣٩ = ١٠ ٥٦ ١٤٥

إنحراف ب جـ = ١٠ ٥٦ ١٤٥ + ١٨٠ − ٢٠ ٢٢ ٩١ = ٥٠ ٣٣ ٢٣٤

إنحراف جـ ع = ٥٠ ٣٣ ٢٣٤ − ١٨٠ − ٣٥ ٣٠ ١٠٢ = ١٥ ٠٣ ٣١٢

إنحراف ع ل = ١٥ ٠٣ ٣١٢ − ١٨٠ − ٥٥ ٤٠ ٢٨٦ = ٢٠ ٢٢ ٢٠٥

وبذلك نكون قد صححنا زوايا الترافيرس وصححنا إنحرافاته الدائرية.

٢ – حساب المركبات الأفقية والرأسية وتصحيحها :

نأتى أولاً بالإنحراف المختصر لكل ضلع من واقع الإنحراف الدائرى المصحح.

الضلع	الإنحراف الدائرى	الإنحراف المختصر	جتا	جا
س ص	٤٥″ ٥٢′ ١٥٦°	جـ ١٥″ ٠٧′ ٢٣° ق		
ص أ	٠٠ ٤٢ ١٠٥	جـ ٠٠ ١٨ ٧٤ ق	٠,٢٧٠٦	٠,٩٦٢٧
أ ب	١٠ ٥٦ ١٤٥	جـ ٥٠ ٠٣ ٣٤ ق	٠,٨٣٨٣	٠,٥٦٠٢
ب جـ	٥٠ ٣٣ ٢٣٤	جـ ٥٠ ٣٣ ٥٤ غـ	٠,٥٧٩٨	٠,٨١٤٨
جـ ع	١٥ ٠٣ ٣١٢	ش ٤٥ ٥٦ ٤٧ غـ	٠,٦٦٩٨	٠,٧٤٢٦
ع ل	٢٠ ٢٢ ٢٠٥	جـ ٢٠ ٢٢ ٢٥ غـ		

ولبيان المركبات الرأسية للضلع = طول الضلع × جتا الإنحراف المختصر

والمركبات الأفقية للضلع = طول الضلع × جا الإنحراف المختصر

الضلع	المركبات الرأسية		المركبات الأفقية	
	+ ش	− جـ	+ ق	− غـ
ص أ		١٣٨,٠١	٤٩٠,٩٨	
أ ب		٥٥٠,٤٠	٣٦٤,١٣	
ب جـ		٤٥٢,٢٤		٦٣٥,٥٤
جـ ع	٤٢٨,٦٧			٤٧٥,٢٦
المجموع	٤٢٨,٦٧	١١٤٠,٦٥	٨٥٥,١١	١١١٠,٨٠
المجموع الجبرى	٧١١,٩٨ −		٢٥٥,٦٩ −	

ولمعرفة خطأ القفل فى المركبات الرأسية يكون ذلك بمقارنة المجموع الجبرى للمركبات الرأسية مع الفرق بين الإحداثيين الرأسيين لنقطتى ع ، ص وكذلك الحال لإيجاد خطأ القفل فى المركبات الأفقية، إذ يقارن المجموع الجبرى لها مع

الفرق بين الإحداثيين الأفقيين لنقطتى ع ، ص.

∴ فرق الإحداثيين الرأسيين لنقطتى ع ، ص أو $ص_ع - ص_س$

= ٣٦٧,٨٣ − ١٠٧٨,٣١ = −٧١٠,٤٨ أمتاراً

∴ طول المركبة الرأسية لخطأ القفل

= ($ص_ع - ص_س$) − المجموع الجبرى للمركبات الرأسية

= −٧١٠,٤٨ − (−٧١١,٩٨) = ١,٥٠ متراً

، فرق الإحداثيين الأفقيين لنقطتى ع ، ص أحد $س_ع - س_س$

= ٦٩٣,٥٧ − ٩٥٠,٩٢ = −٢٥٧,٣٥ متراً

∴ طول المركبة الرأسية لخطأ القفل

= ($س_ع - س_س$) − المجموع الجبرى للمركبات الأفقية

= −٢٥٧,٣٥ − (−٢٥٥,٦٩) = −١,٦٦ متر .

ملاحظة : يجب مراعاة إشارات الإحداثيات موجبة كانت أم سالبة.

∴ طول خطأ القفل للمركبات الرأسية والأفقية

$= \sqrt{ص^2 + س^2}$

$= \sqrt{(١,٥)^2 + (-١,٦٦)^2}$ = ٢,٢٣٧ متر

، نسبة خطأ القفل = ٢,٢٣٧ : ٢٥٨٠

= ١ : ١١٥٣,٣٣

وبما أن النسبة المسموح بها لخطأ قفل المركبات الرأسية والأفقية هى ١ : ١٠٠٠ ، فيكون خطأ القفل فى هذا المثال مسموحاً به.

توزع المركبات الرأسية لخطأ القفل على المركبات الرأسية طبقاً لطول كل ضلع وتوزع المركبة الأفقية للخطأ على المركبات الأفقية للأضلاع بنفس الطريقة التى تتبع فى المضلعات المقفلة.

توزيع خطأ القفل على المركبات الرأسية :

مقدار التصحيح للضلع ص أ = ٥١٠ × $\frac{١,٥}{٣٥٨٠}$ = ٠,٢٩

مقدار التصحيح للضلع أ ب = ٦٥٠ × " = ٠,٣٨

مقدار التصحيح للضلع ب جـ = ٧٨٠ × " = ٠,٤٥

مقدار التصحيح للضلع جـ ع = ٦٤٠ × " = ٠,٣٨

توزيع خطأ القفل على المركبات الأفقية :

مقدار التصحيح للضلع ص أ = ٥١٠ × $\frac{١,٦٦}{٣٥٨٠}$ = ٠,٣٣

مقدار التصحيح للضلع أ ب = ٦٥٠ × " = ٠,٤١

مقدار التصحيح للضلع ب جـ = ٧٨٠ × " = ٠,٥١

مقدار التصحيح للضلع جـ ع = ٦٤٠ × " = ٠,٤١

فتصبح المركبات الرأسية بعد تصحيحها (بإضافة مقدار الخطأ الناتجة لكل ضلع إلى مركبته الرأسية الموجبة وطرح مقدار الخطأ الناتج لكل ضلع من المركبات السالبة) والمركبات الأفقية (بعد طرح مقدار الخطأ الناتج لكل ضلع من المركبات الموجبة وإضافة مقدار الخطأ الناتج لكل ضلع إلى مركبته السالبة) — كما في الجدول التالي :

الضلع	المركبات الرأسية مصححة		المركبات الأفقية مصححة	
	+ ش	- جـ	+ ق	- غـ
ص أ		١٣٧,٧٢	٤٩٠,٦٥	
أ ب		٥٥٠,٠٢	٣٦٣,٧٢	
ب جـ		٤٥١,٧٩		٦٣٦,٠٥
جـ ع	٤٢٩,٠٥			٤٧٥,٦٧
المجموع	٤٢٩,٠٥	١١٣٩,٥٣	٨٥٤,٣٧	١١١١,٧٢
المجموع الجبرى	٧١٠,٤٨ —		٢٥٧,٣٥ —	

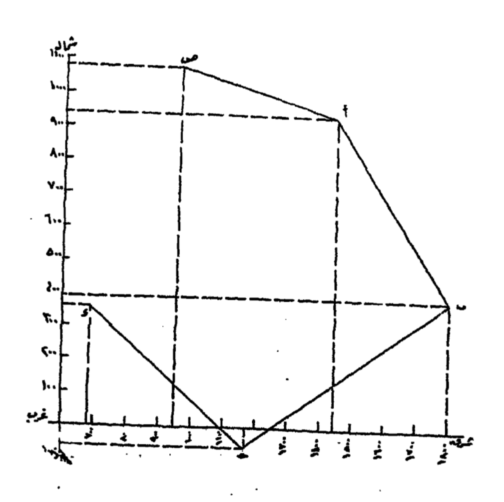
٣ - رسم مضلع الترافيرس :

لرسم مضلع الترافيرس بطريقة الإحداثيات كما هو مطلوب فى المثال : يكتب الإحداثى الرأسى لنقطة البداية (ص) ويجمع عليها جبرياً طول المركبة الرأسية للضلع المؤدى للنقطة التالية (أ) فيكون الناتج الإحداثى الرأسى للنقطة التالية وكذلك الحال بالنسبة للإحداثيات والمركبات الأفقية.

وفيما يلى الإحداثيات الرأسية والأفقية لرؤوس الترافيرس :

	الإحداثى الرأسى	الإحداثى الأفقى
ص	+ ١٠٧٨,٣١	+ ٩٥٠,٩٢
ص أ	- ١٣٧,٧٢	+ ٤٩٠,٦٥
أ	+ ٩٤٠,٥٩	+ ١٤٤١,٥٧
أ ب	- ٥٥٠,٠٢	+ ٣٦٣,٧٢
ب	+ ٣٩٠,٥٧	+ ١٨٠٥,٢٩
ب جـ	- ٤٥١,٧٩	- ٦٣٦,٠٥
جـ	- ٦١,٢٢	+ ١١٦٩,٢٤
جـ ع	+ ٤٢٩,٠٥	- ٤٧٥,٦٧
ع	+ ٣٦٧,٨٣	+ ٦٩٣,٥٧

ومن واقع إحداثيات نقط رؤوس الترافيرس الرأسية والأفقية يمكن رسم أضلاع الترافيرس بطريقة الإحداثيات طبقاً لمقياس الرسم المطلوب. كما فى الشكل (رقم ١٥١).



شكل رقم (١٥١) رسم مضلع الترافيرس المتصل

تمارين

١ – عند قياس الزوايا بين الأهداف أ ، ب ، جـ ، د ، هـ من نقطة س حصلنا على الأرصاد الآتية :

نقطة الارتكاز	الهدف	الجهاز متيامن: وزنية (أ) °	'	"	وزنية (ب) '	"	وزنية (أ) °	'	"	وزنية (ب) '	"
س	أ	٠٠	٠٠	٤٠	٠٠	٢٠	١٨٠	٠١	٢٠	٠١	٤٠
	ب	٩٢	١٧	٠٠	١٦	٢٠	٢٨٢	١٥	٢٠	١٦	٢٠
	جـ	١٧٧	٣٥	٠٠	٣٤	٤٠	٣٥٧	٣٣	٢٠	٣٣	٤٠
	د	٢٣٨	٤٨	٢٠	٤٧	٤٠	٥٨	٤٧	٠٠	٤٧	٢٠
	هـ	٣٤٦	٥٣	٤٠	٥٣	٢٠	١٦٦	٥٢	٠٠	٥٣	٢٠
	أ	٣٥٩	٥٩	٢٠	٥٩	٤٠	١٧٩	٥٨	٤٠	٥٩	٤٠

والمطلوب تصحيح وحساب الزوايا بين هذه الأهداف ثم حساب الإنحراف الدائرى لكل ضلع إذا كان إنحراف س أ ٣٠″ ١٦′ ١٢٣°.

٢ - أ ب جـ د هـ و ، مضلع ترفيرس مقفل فى إتجاه ضد عقرب الساعة أطوال زواياه كما قيست بالتيودوليت وأطوال أضلاعه كما يلى :

الزاوية	″	′	°	الضلع	الطول
∠ أ	٢٠	٤٠	١٠٩	طول أ ب	٨٠٥ متراً
∠ ب	٤٥	٣٠	١٢٣	طول ب جـ	٦٧٨ متراً
∠ جـ	٤٠	١١	١١٠	طول جـ د	٨١٢ متراً
∠ د	٢٥	٠٠	١٤١	طول د هـ	٨٥٣ متراً
∠ هـ	٤٥	٥٣	٨٠	طول هـ و	٨٦٢ متراً
∠ و	٣٥	٤٥	١٥٤	طول و أ	٦٢٠ متراً

وكان إنحراف جـ د الدائرى ٣٠″ ٤٢′ ١٧٣° وإحداثيات نقطة هـ ٤١٥٫٢٣ جـ، ٢٥٣٫٦٨ ق ، مع إعتبار أن خطأ قفل المركبات مسموحاً به.

والمطلوب رسم المضلع بمقياس رسم ١ : ٢٥٠٠ بطريقة الإحداثيات مرة ثم بطريقة المركبات مرة أخرى.

٣ - أخذت أرصاد ترافيرس متصل فى إتجاه عقرب الساعة ص أ ب جـ د هـ ، يربط على ضلعين من ترافيرس سابق مصحح هما س ص ، هـ و فكانت الأرصاد والمعلومات الآتية :

إحداثيات نقطة ص ١٠٠ش، ٦٠٠ ق وإنحراف س ص الدائرى ٢٠″ ٤٠′ ٣٠٤° ،

إحداثيات نقطة هـ ١١٠٠ ن ، ٧٠٠ ق وإنحراف هـ و الدائرى ٠٥″ ٤٥′ ٣٣٢°

وزوايا الترافيرس ، كما قيست بالتيودوليت ، وأطوال أضلاعه كما يأتى :

الزاوية	″	′	°	الضلع	الطول
< ص	١٥	١٢	٢٥٤	طول ص أ	٧٨٠ متراً
< أ	٥٠	١٥	٨٦	طول أ ب	٨٢٠ متراً
< ب	٤٥	١٩	١٢٧	طول ب جـ	٧٣٥ متراً
< جـ	٣٠	٥٣	٧٩	طول جـ د	٦٧٨ متراً
< د	٤٥	٣٦	٢٥٢	طول د هـ	٥٧٥ متراً
< هـ	٤٠	٤٤	٢٥١		

والمطلوب حساب إحداثيات رؤوس أضلاع هذا الترافيرس مع رسمه بمقياس رسم مناسب.

٤ – الأرصاد الآتية أخذت لترافيرس مفتوح بدأ من الضلع س ص وهو من ترافيرس سابق مصحح وانتهى بنقطة (و) غير معروف إحداثييها وكان الترافيرس ضد إتجاه عقرب الساعة :

الزاوية	″	′	°	الضلع	الطول
< ص	٤٥	٢٥	٢٧٠	طول ص أ	٤٥٠ متراً
< أ	٣٠	٥٥	٢٣٣	طول أ ب	٦٣٥ متراً
< ب	١٥	١٥	١٢	طول ب جـ	٧٨٥ متراً
< جـ	٠٠	٣٢	٩٥	طول جـ د	٨٥٠ متراً
< د	١٥	٤٠	٩٨	طول د هـ	٨٦٨ متراً
< هـ	٠٠	٥٦	٢٣٧	طول هـ و	٥٤٠ متراً

وإحداثيات نقطة س ٨٧٨,١٦ شمالاً ، ٦٥٥,٣٤ شرقاً

وإحداثيات نقطة ص ٤٤٥,١٦ شمالاً ، ٨٤٠,٨٤ شرقاً

والإنحـراف الدائرى للضلع هـ و ″١٥ ′٣٥ °١١٥ (وهو الإنحـراف الصحيح لهذا الضلع).

والمطلوب حساب إحداثيات رؤوس أضلاع هذا الترافيرس وتوقيعها على لوحة الرسم طريقة المركبات مرة وبطريقة الإحداثيات مرة أخرى بمقياس رسم ١ : ٢٠٠٠ (اعتبر عدم وجود خطأ قفل فى المركبات الرأسية والأفقية).

٥ – الجدول الآتى يبين الأرصاد المأخوذة عند قياس الزوايا بين الأهداف المحيطة بنقطة س المثبت عليها التيودوليت . والمطلوب حساب وتصحيح هذه الزوايـا.

نقطة الإرتكاز	الهدف	الجهاز متيامن					الجهاز متياسر				
		ورنية (أ)			ورنية (ب)		ورنية (أ)			ورنية (ب)	
		″	′	°	″	′	″	′	°	″	′
س	أ	٣٠	٠٣	٤٥	١٥	٠٣	٠٠	٠٤	٢٢٥	١٥	٠٤
	ب	٠٠	٣٤	١٠٦	١٥	٣٣	٠٠	٣٥	٢٨٦	٤٥	٣٤
	جـ	١٥	٥٦	١٥٧	٤٥	٥٥	٣٠	٥٥	٣٣٧	٣٠	٥٤
	د	٤٥	١٢	٢١١	٣٠	١٣	١٥	١٣	٣١	٣٠	١٣
	هـ	٤٥	٢٥	٢٥٣	٠٠	٢٦	١٥	٢٥	٧٣	٠٠	٢٥
	و	٠٠	٥٩	٢٩٩	٤٥	٥٨	٠٠	٥٩	١١٩	١٥	٥٨
	ز	١٥	٤٧	٣٤٧	٣٠	٤٧	٠٠	٤٧	١٦٧	١٥	٤٧
	أ	٤٥	٠١	٤٥	٣٠	٠١	١٥	٠٢	٢٢٥	٣٠	٠٢

٦ – عند القيام بعمل ترافيرس مقفل بالتيودوليت رؤوسه س ، ص ، ع ، ل ضد إتجاه عقرب الساعة، أخذت الأرصاد الآتية :

∠ س ٢٠″ ٤٣′ ٦٦° طول س ص ٩١٨ متراً

∠ ص ٤٥ ٢٨ ١٢٧ طول ص ع ٧٩٠ متراً

∠ ع ٣٠ ٣٢ ٨٨ طول ع ل ١٠٢٥ متراً

∠ ل ١٥ ١٣ ٧٧ طول ل س ١٣٦٥ متراً

وكان الإنحراف الدائرى للضلع ص ع ٣٠″ ٤٢′ ٣٢١° . وإحداثيات

نقطة ع ٣١٦,٢٨ شمالاً ، ٥٤٨,٤٠ غرباً.

والمطلوب رسم مضلع هذا الترافيرس بمقياس ١ / ٤٠٠٠ بكل من طريقتي الإحداثيات والمركبات.

٧ – أخذت الأرصاد الآتية لمضلع ترافيرس مقفل أ ب جـ د هـ بالتيودوليت في إتجاه عقرب الساعة. فكانت زواياه وأطوال أضلاعه كما يأتي :

الزاوية	°	'	"	الضلع	الطول
< أ	١٠٢	١٥	٠٠	طول أ ب	٦٧٢ متراً
< ب	١١١	٤٠	٢٠	طول ب جـ	١٠٥٠ متراً
< جـ	١٢٣	٤٣	١٥	طول جـ د	٦٢٨ متراً
< د	٨٧	٠٣	٣٠	طول د هـ	١١٤٧ متراً
< هـ	١١٥	٢٠	٠٠	طول هـ أ	٨٣٥ متراً

وكان إنحراف هـ أ ٣٠" ٣٤' ٧٦° وإحداثيات نقطة جـ ١٠٣٨,٣٢ شمالاً ، ٦١٠,٠٠ شرقاً.

والمطلوب رسم مضلع هذا الترافيرس بمقياس ١/٥٠٠٠ بطريقة الإحداثيات ثم بطريقة المركبات.

٨ – عند إجراء ترافيرس متصل ضد إتجاه عقرب الساعة ب س ص ع جـ يربط على الضلعين أ ب ، جـ د وكلاهما من ترافيرس سابق مصحح وإحداثيات هذين الضلعين كالآتي :

نقطة أ ٦٤٠,١١ ش ، ٨٠٧,٥٣ ق

نقطة ب ١٢٠٠,٠٠ ش ، ١٠٠٠,٠٠ ق

نقطة جـ ٥٢٤,٨٥ ش ، ١٤٠٧,٣٦ ق

نقطة د ٦٦,٢٦ ش ، ١٦٥١,٧١ ق

وقيست زوايا الترافيرس بالتيودوليت وأطوال أضلاعه فكانت كما يلي :

الزاوية	"	'	°	الضلع	الطول
< ب	٠٠	٣٨	٢٧١	طول ب س	٣٤٦,٢١ متراً
< س	٤٥	٥٢	١١٦	طول س ص	٤٤٨,٦٢ متراً
< ص	١٥	٤٦	٩٣	طول ص ع	٥٠٢,٧٤ متراً
< ع	٠٠	١٠	١٧٦	طول ع جـ	٢٧٠,٨٦ متراً
< د	٤٥	٠٨	٢٣٧		

والمطلوب حساب المركبات الرأسية والأفقية لأضلاع هذا الترافيرس علماً بأن نسبة الخطأ المسموح بها للمركبات ١ : ٣٠٠٠ ، مع رسم الترافيرس بطريقة الإحداثيات بمقياس رسم مناسب.

٩ – إذا كانت المركبات الرأسية والأفقية لترافيرس مقفل ضد إتجاه عقرب الساعة أ ب جـ د هـ و هي :

الضلع	المركبة الرأسية	المركبة الأفقية
أ ب	+ ٥٢٢,١٤	+ ١٣٦,٨٧
ب جـ	+ ٧٥٣,١٦	– ٤٣٨,٥٠
جـ د	– ١١٨,٠٠	– ٦٢٥,٢٧
د هـ	– ٥٦٧,٦٢	– ٢٧٤,٢١
هـ و	– ٤٠٥,٠٨	+ ٣٢١,١٩
و أ	– ١٨٢,٤٣	+ ٨٨٣,٧٥

والمطلوب تصحيح هذه مُركبات وحساب إحداثيات رؤوس أضلاعه، علماً أن إحداثيات نقطة د ٣٠٠ شمالاً ، ٥٠٠ شرقاً.

١٠ – الأرصاد الآتية أخذت للأهداف أ ، ب ، جـ ، د ، هـ ، و المحيطة بنقطة س ، بجهاز التيودوليت، والمطلوب معرفة الزوايا بين هذه الأهداف مقاسة من نقطة الرصد.

نقطة الارتكاز	الهدف	الوضع متيامن					الوضع متياسر				
		ورنية (١)			ورنية (٢)		ورنية (١)			ورنية (٢)	
		″	′	°	″	′	″	′	°	″	′
س	أ	٤٥	٢٥	٠٢	٣٠	٢٥	٤٥	٢٤	١٨٢	٠٠	٢٥
	ب	١٥	٣٨	٦٧	٤٥	٣٧	١٥	٣٨	٢٤٧	٤٥	٣٧
	جـ	٠٠	٥٧	١٣٨	١٥	٥٧	٤٥	٥٧	٣١٨	٠٠	٥٨
	د	٣٠	٢٢	١٩٢	٤٥	٢٢	١٥	٢٢	١٢	٣٠	٢٢
	هـ	٤٥	٤٤	٢٧٥	١٥	٤٥	٣٠	٤٥	٩٥	٣٠	٤٥
	و	١٥	٠٩	٣٢٤	٣٠	٠٩	١٥	٠٨	١٤٤	٠٠	٠٨
	أ	١٥	٢٧	٠٢	٤٥	٢٧	٤٥	٢٧	١٨٢	١٥	٢٦

وإذا كان إنحراف س أ الدائرى ٨٤° ٠٣′ ٢٠″ فما هى الإنحرافات الدائرية لباقى الأهداف ؟

١١ – أ ب جـ د هـ ترافيرس مقفل فى إتجاه عقرب الساعة، إحداثيات رؤوسه كما يلى :

أ	١٠٥,٨٣	شمالاً ،	٥٢٨,٥٠	غـ
ب	٥٩٣,٧٤	شمالاً ،	٢١٤,٣٥	ق
جـ	٢٢٢,١٦	شمالاً ،	٤٨٦,١٨	ق
د	٨٣٠,٠٠	جنوباً ،	٧٤٢,١٥	ق
هـ	٤٤٥,٥٠	جنوباً ،	٣٧٢,٤٩	غـ

والمطلوب حساب الإنحراف المختصر والدائرى لكل ضلع من أضلاع هذا الترافيرس.

١٢ - الجدول الآتي يبين المركبات الرأسية والأفقية لأضلاع ترافيرس مقفل أ ب جـ د هـ.

الضلع	المركبة الرأسية	المركبة الأفقية
أ ب	- ٥٢٤٫٢٨	+ ٥٨٨٫٥٠
ب جـ	- ٦٥٧٫١٣	- ٢١٨٫٤٤
جـ د	+ ٢٢٤٫٣٦	- ٨٦٧٫١٤
د هـ	+ ٧١٣٫٢٨	- ٣٢٠٫٠٠
هـ أ	+ ٢٣١٫٤٧	+ ٩١٢٫٦٣

والمطلوب تصحيح المركبات ثم حساب إحداثيات رؤوس الترافيرس إذا كانت إحداثيات نقطة هـ ٨٢٥٫٢٢ جنوباً ، ٤١٣٫٢٧ شرقاً . ثم توقيع مضلع الترافيرس على لوحة بمقياس رسم مناسب بطريقة المركبات.

١٣ - إذا كانت إحداثيات أضلاع ترافيرس متصل يبدأ من نقطة س وينتهي بنقطة ص كما يلي :

س	٦٢٧٫١٨	ش ،	٢٥٣٫٢٢	ق	
أ	٣٥٨٫٥٠	ش ،	٥٩٠٫٣٤	ق	
ب	٤٤٢٫٣٦	ش ،	٣٠٨٫٢٥	غـ	
حـ	صفر	ش ،	٩٤٧٫٨٢	غـ	
د	٨٫٥٤٦	حـ ،	٤٧٧٫١٥	غـ	
هـ	١٣٨٫١٤	حـ ،	صفر	ق	
ص	٦٤٥٫٥٠	حـ ،	٧٢٨٫٤٣	ق	

والمطلوب حساب الإنحرافات المختصرة والدائرية لكل ضلع من أضلاع هذا الترافيرس.

الفصل الثامن

الميزانيــــــــة

الميزانية Leveling من العمليات المساحية اللازمة والأساسية لكل المشروعات الهندسية. إذ تظهر الحاجة إليها فى أغراض كثيرة مثل إنشاء الطرق والجسور وتسوية وحصر الأراضى وشق وتطهير الترع والمصارف، بالإضافة إلى الإنشاءات المدنية المختلفة الأخرى مثل المبانى والكبارى... الخ. كما تستخدم الميزانية فى ردم المستنقعات وحساب كميات الحفر والردم اللازمة فى المشروعات المختلفة، وتقدير كميات الخامات المعدنية وغير المعدنية الظاهرة على سطح الأرض كما تستخدم فى شق الانفاق. وتعتبر الميزانية من أهم العمليات اللازمة لانشاء الخرائط الكنتورية التى لاغنى للجغرافى عنها

وتستخدم الميزانية فى قياس إرتفاع أو إنخفاض مناسيب النقط الموجودة على سطح الأرض بالنسبة لسطح ثابت يعرف بمستوى المقارنة Dutume Line وعادة مايكون هذا المستوى هو متوسط منسوب مستوى سطح البحر (M.S.L) Mean Sea Level فجميع مناسيب النقط، إرتفاعاً أو إنخفاضاً، تكون منسوبة لهذا المستوى.

وتتخذ كل دولة مستوى مقارنة خاص بها، تنسب إليه إرتفاعات وإنخفاضات سطح الأرض داخل رقعة الدولة. ولتحديد متوسط منسوب مستوى سطح البحر أو تحديد مستوى الصفر فى جمهورية مصر العربية، يوجد بميناء الإسكندرية، بئر عميق متصل بالبحر تابع لمصلحة الموانى والمنائر، مثبت على أحد جوانبه مقياس من الرخام مقسم إلى أمتار وسنتيمترات[1] بحيث يمكن رصد أعلى وأدنى

---

(١) موضع المقياس مهم جدا للحصول على المتوسط الحقيقى لمستوى سطح البحر. فلايجب أن يوضع هذا المقياس فى عرض البحر، حتى لايتأثر المد والجزر بالظروف المحلية للشاطىء ولوقاية المقياس يوضع فى بئر عميق متصل بالبحر عن طريق نفق عميق فى قاعه، حتى يمكن وقاية المقياس ضد الأحوال الجوية السيئة وحتى يظل سطح المياه هادئاً وساكناً دون تموجات مما يمكن من قراءة المقياس بدقة. وصفر المقياس محدد بالنسبة لنقطة ثابتة على سطح الأرض (روبير) للتحقق من ثبات المقياس وعدم هبوطه

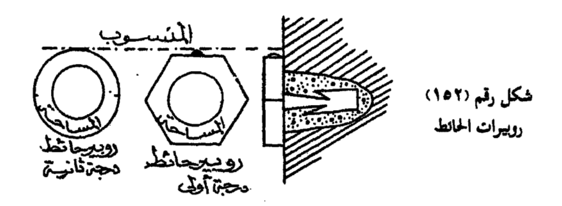
منسوب تصل إليه مياه سطح البحر نتيجة المد والجزر. وتسجل القراءات التى تصل إليها المياه إرتفاعا أو إنخفاضا كل يوم فى جهاز متصل بالبئر يسمى مارينوجراف. ويتم إستنتاج متوسط منسوب مستوى سطح البحر (أو نقطة الصفر) من حساب متوسط الارصاد التى يتم تسجيلها لفترة طويلة تستمر عدة سنوات. وعند هذا المتوسط حفرت علامة على المقياس وأعتبرت علامة الصفر بالنسبة للقطر المصرى كله، وتنسب إليه كافة الارتفاعات والانخفاضات المختلفة لأى مكان فى مصر.

ولما كان منسوب أى نقطة على سطح الأرض يساوى مقدار إرتفاعها أو إنخفاضها عن مستوى منسوب سطح البحر (أى منسوب الصفر)، ويتحتم لايجاد هذا المنسوب أن نبدأ من مستوى المقارنة - أى من منسوب الصفر - وتنتهى عند النقطة - أو المنطقة - المطلوب معرفة منسوبها، مهما كانت المسافة طويلة بينهما. لذا كان من الضرورى تعيين نقط ثابتة معلومة المنسوب فى أنحاء متفرقة من البلاد وعلى مسافات تختلف تبعا لأهمية كل منطقة وهذه النقط الثابتة ذات المناسيب المعروفة تسمى علامات المنسوب. وقد قامت مصلحة المساحة المصرية، بإجراء ميزانيات دقيقة مسلسلة فى إتجاهات مختلفة تغطى سطح الاقليم المصرى، الغرض منها تثبيت نقط ذات مناسيب معروفة بدقة حتى يمكن عند إجراء أى ميزانية فى أى منطقة، البدء من هذه النقط ذات المنسوب المعروف. والاسم الشائع لهذه النقط الثابتة - الروبير (أو الروبيرات Bench Marks) وتقوم مصلحة المساحة بتحديد مواقع هذه النقط فى مواضع يسهل الوصول إليها. وهذه الروبيرات موجودة على مسافات تتراوح بين ١، ٣ كيلو مترات، وقد تقل المسافة أو تزيد عن هذا المعدل تبعاً لأهمية المنطقة كما سبقت الاشارة.

أنواع الروبيرات:

(١) روبير الحائط:

وهو نوعان: روبير الدرجة الأولى، وهو عبارة عن أسطوانة مسدسة من الحديد يثبت فى حوائط المبانى والقناطر والسدود والكبارى بواسطة خابور من الحديد ومثبت بالأسمنت فى الحائط. وفى أعلى الأسطوانة المسدسة بروز من النحاس قمته تمثل منسوب الروبير ويكتب عليه من الأمام رقمه انظر شكل رقم (١٥٢).



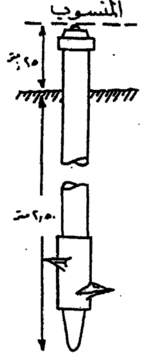
شكل رقم (١٥٢)
روبيرات الحائط

وهذا النوع يثبت فى المبانى الثابتة، غير المعرضة للهبوط، وغالباً ماتكون من المبانى الحكومية وعلى القناطر والكبارى.

أما روبيرات الدرجة الثانية، من حيث دقة الميزانية التي أجريت لتحديد مناسيبها، أو إذا كانت المبانى فيها يحتمل تعرضها للازالة أو الهبوط، فهى عبارة عن إسطوانة من الحديد رأسها مستدير ومثبتة فى المبانى بالطريقة السابق ذكرها، وسطحها الأعلى هو منسوب الروبير شكل رقم (١٥٢).

٢- الروبيرات الأرضية:

وهى عبارة عن ماسورة من الحديد طولها ٢,٧٥ متر وقطرها ٦ سنتيمترات، ويبقى بارزاً منها فوق سطح الأرض حوالى ٢٥ - ٣٠ سم وبأعلاها بروز قمته هو منسوب الروبير. ويوجد بأسفل الماسورة بريمة لتثبتها فى الأرض ولعدم سهولة نزعها، شكل رقم (١٥٣). ويستخدم هذا النوع لبيان روبيرات الدرجة الأولى والثانية على السواء فى حالة عدم وجود مبانى قوية أو دائمة، فتغرس فى الأرض. وتثبت عادة على جوانب الترع والمصارف والطرق الزراعية وبجوار السكك الحديدية أو فى المناطق الصحراوية أو الجبلية، وحيث يلزم وجودها.



شكل رقم (١٥٣) روبير أرضى

الاستدلال على مكان الروبير في المنطقة:

لكل روبير رقم مسلسل في سجل خاص محفوظ بهيئة المساحة المصرية وفروعها بالمحافظات، وهذا السجل عبارة عن كتيبات لكل منطقة من مناطق مصر، يشمل في مقدمته خريطة بمقياس ١/٢٥٠٠٠ أو عدة خرائط تبعاً لمساحة المنطقة - مبين عليها مواقع الروبيرات المنتشرة بالمنطقة وأرقامها بالمداد الأحمر. ثم بيان بفهرس لمناطق المدينة (إذا كان الكتيب خاصاً بمدينة من مدن جمهورية مصر) أو بيان بالترع والمصارف أو السكك الحديدية أو الطرق الزراعية التي وضعت عليها الروبيرات. ويلي ذلك صفحات مدون فيها أرقام الروبيرات تبعاً لتسلسلها ووصف كامل لمكانها بدقة وكذلك منسوبها.

والروبيرات الموجودة على هذه الخرائط، إما روبيرات الدرجة الأولى، والتي تعتبر أساساً لجميع المشروعات، ويرمز لها بالحرف «أ» للدلالة على أن الروبير قد تم تثبيته بواسطة ميزانية دقيقة. أو روبيرات من الدرجة الثانية. ومع أن كانت أقل دقة من الأولى إلا أن جميع خطوطها تبدأ من روبيرات الدرجة الأولى وتنتهي إلى روبيرات درجة أولى أيضاً للتأكد من صحة مناسيبها.

فعند القيام بإجراء ميزانية في منطقة ما، ونرغب في معرفة موقع أقرب الروبيرات لهذه المنطقة نأتي أولاً بخريطة للمنطقة من هيئة المساحة خاصة بالروبيرات الموجودة في المنطقة ومبين عليها أماكنها وأرقامها ونختار أقرب الروبيرات للمنطقة ونأخذ رقمه. ثم نبحث في دفتر سجل الروبيرات عن رقم هذا الروبير الذي إخترناه، ومنه نستطيع معرفة هذا الروبير وموضوعه بكل تفصيل ودقة، وكذلك منسوبه عن متوسط مستوى سطح البحر. وفيما يلي أمثلة لبعض الروبيرات أخذت من دفتر سجل الروبيرات الخاص بمدينة الاسكندرية.

رقم الروبير	الموقع والوصف	المنسوب بالمتر
٢١٩	روبير مثبت فى الزاوية الشمالية الغربية لبناء مدفن الطائفة الاسرائيلية رقم ٢ بشارع الاسكندر الأكبر عند تقابله بشارع عبد الرحمن رشدى أمام محطة ترام الشاطبى الغربية.	٧,٢١٩
٢٢٠	روبير مثبت على مسافة مترين شرقى الزاوية الشمالية الغربية لسور نادى ملعب كرة قدم الواقع بشارع الاسكندر الأكبر عبد تقابله بشارع أفلاطون غرب محطة ترام الشاطبى بمسافة ٢٥ متراً تقريبا.	٩,٤٥٣
٢٣٤	روبير مثبت فى الزاوية الجنوبية الغربية للمنزل رقم ٣١ – الواقع بطريق الحرية عند تقابله بشارع مارك أوريل أمام المستشفى اليونانى (مستشفى جمال عبد الناصر حاليا).	١٣,٨٢٩
٢٣٥	روبير مثبت فى الزاوية الجنوبية الشرقية لبناء نقطة بوليس الابراهيمية الواقعة بطريق الحرية عند تقابله بشارع الأمير محمد على إبراهيم	٤,٣٦٥

الأجهزة المستخدمة فى الميزانية:

(١) القامة Staff:

عبارة عن مسطرة من الخشب المتين، طولها المعتاد أربعة أمتار، وإن كان هناك بعض الأنواع يتراوح طولها بين ٣، ٥ أمتار. ويوجد بطرفى القامة غطاء من الحديد السميك لحفظها حتى لايتآكل الخشب نيتجة للاستعمال أو إحتكاكه بالأرض. والقامة مغطاة بطبقة سميكة من الطلاء الأبيض من الأمام والرمادى أو الأسود من الخلف لحفظها من العوامل الجوية. ووجه القامة مقسم إلى أمتار وديسيمترات وسنتيمترات. فهى مقسمة إلى أربعة أقسام رئيسية طول كل منها متر، وهناك علامات على شكل مثلث أحمر لتوضيح هذه الأقسام الرئيسية. وكل متر مقسم بدوره إلى ديسيمترات ويحدده خط رفيع أسود. وترقم أقسام

الديسيمترات فى كل متر يبدأ من الصفر وحتى الرقم تسعة باللون الأسود وبحجم واحد، عدا الأرقام التى تمثل الأرقام الكاملة فهى تكتب أسفل المثلث وباللون الأحمر حتى يسهل تمييزها. وفى بعض أنواع القامات يكتب بدلاً من الرقم 5 حرف «V» وبدلاً من الرقم 9 حرف «N»، ذلك لمنع الالتباس فى قراءة الأرقام 9,6,5,3.

وتقسم الديسيمترات بدورها إلى سنتيمترات. وهى عبارة عن مستطيلات متباينة من اللونين الأبيض والأسود (أو الأبيض والأحمر)، عرض كل مستطيل سنتيمتر واحد. وهذه المستطيلات تتبادل مواقعها كل خمسة سنتيمترات على يمين ويسار وجه القامة ليسهل تحديد عدد السنتيمترات. ويتكرر التقسيم بنفس هذا النظام فى كل متر.

ويتم ترقيم الديسيمترات فى كل متر كما هى الحال فى المتر الأول. ويوضع تحت (أو فوق) أرقام الديسيمترات فى المتر الثانى نقطة سوداء (أو حمراء) لتدل على أن قراءة القامة هى متر كامل وجزء من المتر الثانى. ويضاف فى المتر الثالث نقطتين وفى المتر الرابع ثلاث نقط بنفس الطريقة.

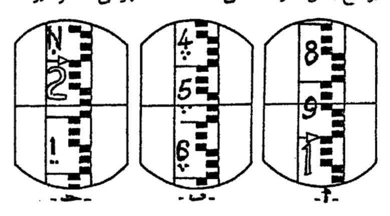
ولما كانت القامة توضع عند إجراء الميزانية، بحيث يكون صفر تدريجها على النقطة المطلوب إيجاد منسوبها، وبما أن الصورة تظهر فى منظار الميزان مقلوبة، فإننا نرى فى المنظار صورة القامة مقلوبة. ولهذا السبب كتبت الأرقام على القامة بالمقلوب، لتظهر معتدلة فى المنظار حتى يسهل قراءتها. ونتيجة لذلك نلاحظ أن القراءات على القامة تتزايد (فى المنظار) من أعلى إلى أسفل، بعكس ماهى عليه فى الطبيعة، إذ أنها تتزايد فى الواقع من أسفل إلى أعلى.

لذلك يجب على الراصد أن يتأكد دائماً من أن القراءة تتزايد إلى أسفل، اذ أن كثيراً ما يسهو على حامل القامة ويضع صفر القامة إلى أعلى. كما ينبغى على الراصد أن يدرس طريقة وكيفية تدريج القامة قبل القيام بالعمل.

تعيين القراءة على القامة:

لقراءة القامة، نرصد تقاطع الشعرة الأفقية الوسطى الرئيسية بالمنظار مع تدريج القامة (بعد ضبط الميزان أفقياً) فيعطينا هذا التقاطع القراءة مباشرة فيكون عدد

النقط مساوياً لعدد الأمتار. والرقم الصحيح للديسيمتر الذى تمر به الشعرة الوسطى يدل على عشرات السنتيمترات ثم تبدأ فى عد المستطيلات المتبادلة من الأبيض والأسود، ببدأ من الخط الفاصل المحدد للديسيمترات والذى يقع فوق الشعرة الوسطى داخل المنظار مباشرة، فنحصل على آحاد السنتيمترات. والشكل رقم (١٥٤) يوضح بعض القراءات على القامة كما تظهر فى منظار الميزان.



شكل رقم (١٥٤) بعض القراءات على القامة

أ ٠,٩٤ متر   ب ٣,٥٧ متر   جـ ٢,٠٨ متر

ملاحظة: الأسهم والأرقام المفرغة باللون الأحمر

القراءة (أ):

نلاحظ أن الشعرة الأفقية مارة فى الديسيمتر التاسع عند حافة السنتيمتر الرابع. وحيث أنه لا توجد أى نقطة تحت الرقم ٩ ، فمعنى ذلك أن المسافة من صفر القامة حتى هذا الديسيمتر لم تكمل متراً. وعلى ذلك يوضع صفر فى خانة الأمتار ثم العلامة العشرية ويكون الرقم العشرى الأول بعد العلامة هو ٠.٩ متر. وبملاحظة عدد السنتيمترات نجد أنها ٤ سم وتكوّن العدد العشرى الثانى وتصبح القراءة الكاملة ٠.٩٤ متراً.

القراءة (ب):

نجد أن الشعرة الأفقية مارة فى الديسيمتر المرقوم ٥ وتحته ثلاث نقط أى أن هذا الديسيمتر بعد ثلاثة أمتار كاملة من صفر القامة. أى أن قراءة الأمتار فى هذه

الحالة ٣، ثم توضع العلامة العشرية، يليها الرقم ٥ مباشرة، وعند عد المستطيلات المتبادلة نجد أنها ٧، أى أن القراءة الكاملة ٣,٥٧ متراً.

القراءة (جـ)

تقع الشعرة الأفقية مارة فى الديسيمتر المرقوم ٢ باللون الأحمر وبالحجم الكبير، وهذا الديسيمتر يقابل الصفر فى المتر الثالث. ويكون الرقم الأول من القراءة هو ٢ متر، يليه العلامة العشرية ثم الرقم العشرى الأول صفر. وحيث أن عدد المستطيلات المتبادلة ٨، وهى تمثل عدد السنتيمترات، فتكتب فى خانة الرقم العشرى الثانى. وتصبح القراءة الكاملة ٢,٠٨ متراً. ومن الجدير بالذكر أن هناك أنواع من القامات مبين عليها التدريج بطرق أخرى غير ما سبق شرحه، وقد يكون التدريج معتدلاً اذا كانت الأجهزة المستخدمة معها مزودة بعدسات تبين الصورة معتدلة، وفى هذه الحالة تتزايد القراءات من أسفل إلى أعلى، لذلك يجب التأكد من أن القامة المستخدمة مناسبة للجهاز المستعمل.

أنواع القامات :

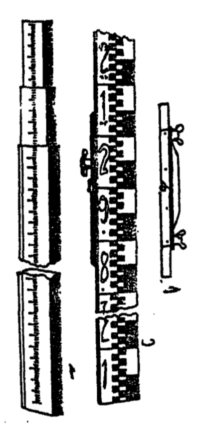
١ - القامة المطوية Folding Staff

وتسمى بالقامة الفرنسية فى بعض الأحيان وهى عبارة عن قطعتين من الخشب طول كل منهما ٢ متر. ويتصلان ببعضهما بمفصلة، ويطوى كل منهما على الاخر، وعند إستعمالها تفرد القامة ويثبت النصفان فى إستقامة واحدة بواسطة مشبك حديدى فى ظهر القامة به مسمار بورغى (قلاووظ) وصامولة لربط الجزئين شكل رقم (١٥٥ - ب، جـ).

٢- القامة التلسكوبية Telescopic Staff

وتسمى بالقامة الانجليزية أو القامة المتداخلة. وهى مكونة من ثلاثة أجزاء متداخلة تنزلق داخل بعضها. وعند فرد القامة يرتكز كل جزء على الجزء الداخل فيه بواسطة زنبرك (سوستة) . وتدريج كل جزء متسلسل مع تقسيم الجزء الذى أسفله. وميزة هذه القامة هو صغر طولها عند عدم الاستخدام نتيجة لتداخل أجزائها فى بعضها ، بالاضافة إلى ضمان عدم وجود ميل فى جزء من أجزاء القامة شكل رقم (١٥٥ - أ).

٣- القامة المنزلقة :



شكل رقم (١٥٥)
(كتبت الأرقام معتدلة فى الشكل)

وتتكون من جـزئين منفـصلين أحـدهمـا ينزلق وراء الآخر فى مجرى صغير من الحديد . وميزتها أنها سهلة الاستعمال خاصة عندما تكون الأحوال الجوية سيئة، لأنها بطبيعة تركيبها لا تحتـاج لفـردها كلهـا. بل يستـعمل وجهها الخارجى وهو المرقوم من صفر إلى ٢,٠٠ متـر. وذلك إذا كـانت القراءات على خط نظر الميزان لا تتجاوز المترين، وعيبها أنها عرضة عند فردها لعدم إستمرار أقسامها فتتداخل بعض السنتيمترات من الجزء الخلفى وراء الجزء الأمامى. فاذا وقعت القراءات فى الجزء الثانى من القامة والذى يبدأ من ٢,٠٠ متر، فانها تكون خاطئة وتعطى مناسيب أقل من الحقيقة لأن الطول الفعلى أقل من الطول الناتج بسبب تداخل الجزئين.

معايرة القامة:

بالرغم من بساطة اجراء هذه العملية، فإن كثيراً من المساحين يهملون ذلك، ويتسبب عنه أخطاء فى الميزانية. إذ يجب على المساح إختبار تدريج القامة من آن لآخر ومقارنتها بشريط جيد من الصلب.

ملحقات القامة:

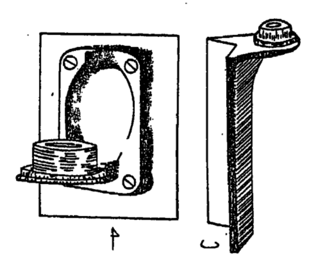
(أ) ميزان التسوية:

يثبت عادة خلف القامة أو على جانبها ميزان مياه دائرى صغير، للاستفادة منه فيجعل القامة رأسية تماماً أثناء العمل. إذ أن ميل القامة عن المستوى الرأسى يجعل القراءات الموصودة أكبر من الحقيقة.

والشكل رقم (١٥٦) يبين ميزان تسوية يوضع خلف القامة (أ) وميزان تسوية يوضع على جانب القامة (ب).

(ب) القاعدة الحديدية:

وهى مثلثة الشكل، بكل رأس من رؤوسها قائم عمودى مدبب، وفى وسطها بروز على شكل دائرة، أعلى بقليل من سطح القاعدة. وهناك نواع أخرى مختلفة الأشكال كما هو موضح بالشكل رقم (١٥٧). والغرض من القاعدة الحديدية، وهو وضع القامة عليها فى النقط الهامة خاصة نقط الدوران (كما سيأتى فيما بعد) وكذلك يمكن إستخدامها عند العمل فى الأراضى الرخوة أو الترابية، حيث توضع القامة على القاعدة الحديدية حتى لاتنغرس فى الأرض فتعطى منسوباً للنقطة الموجودة عليها - أقل من حقيقته.



شكل رقم (١٥٦) موازين التسوية الخاصة بالقامة شكل رقم (١٥٧) بعض أنواع قواعد القامة

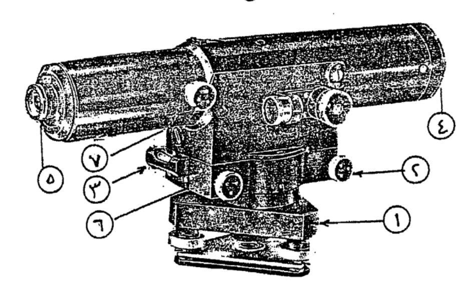
٢ - الميزان Level :

هو آله هندسية الغرض منها الحصول على خط نظر أفقى يوازى متوسط منسوب مستوى سطح البحر وجميع الموازين مبنية على فكرة أنه إذا ثبتنا ميزان تسوية على منظار، وضبطنا الفقاعة، فإن محور خط النظر لهذا المنظار يصبح أفقياً، ويحقق المنظار مستوى أفقياً بدورانه حول محوره الرأسى.

وتنقسم الموازين التى تستعمل فى إجراء الميزانية - تبعاً لتصميمها إلى نوعين رئيسيين :

(١) موازين طراز كوك: Cook's Levels

ويعتمد تصميمها على إمكان عكس المنظار. وقد قل إستخدام هذا النوع فى الوقت الحاضر بسبب ظهور الأنواع الأحدث.



شكل رقم (١٥٨) ميزان طراز كوك

١ - قاعدة الميزان

٢- مسمار ربط دوران المنظار السريع.

٣- ميزان تسوية طولى لضبط القاعدة

٤ - العدسة الشيئية.

٥- العدسة .

٦ - مسمار الضبط الدقيق لأفقية المنظار.

٧- مسمار تطبيق الصورة.

والشكل رقم (١٥٨) يوضح ميزان كوك ويتركب من منظار تلسكوبى مركب فى داخل إسطوانة نحاسية لها طوقان، حيث يمكن سحب المنظار منها وتركيبه فيها بالعكس. ويتراوح طول أنبوبة المنظار مابين ١٠، ١٦ بوصة. وهذه الأسطوانة مركبة على قاعدة بها مسامير تسوية لضبط أفقيتها. وفوق الأسطوانة ميزان تسوية طولى، له مسمار خاص مركب أسفل الاسطوانة لضبط أفقية الاسطوانة وبالتالى ضبط أفقية محور المنظار ضبطاً دقيقاً. ويوجد بقاعدة الجهاز بوصلة دائرية منشورية ومركب على الابرة المغناطيسية إطار معدنى مدرج لبيان إنحراف خط النظر عن الشمال المغناطيسى.

(٢) موازين طراز دمبى: Dumpy Levels

وهى من الأنواع الحديثة الشائعة الاستعمال حالياً. ويعتمد تصميمها على أن منظار الميزان غير قابل للعكس، كما يمتاز هذا النوع بأن أسطوانة المنظار تتصل معدنياً بالمحور الرأسى وعمودية عليه (كتلة واحدة)، الأمر الذى يجعلها لاتتأثر بكثرة إستعمال الجهاز. بعكس ميزان كوك الذى يتصل فيه محور المنظار الرأسى بالقاعدة بواسطة صامولة يمكن أن تتحرك مما يجعله عرضة للخطأ.

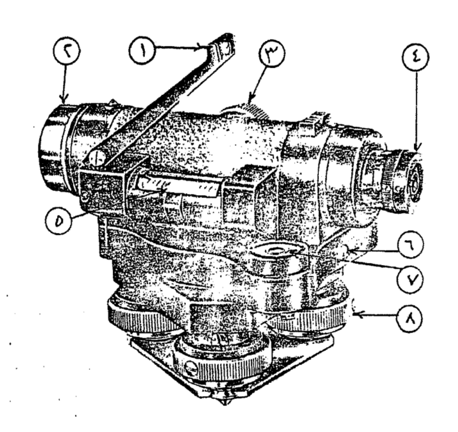
ويتكون الميزان من الأجزاء الآتية: انظر شكل رقم (١٥٩).

١- منظار تلسكوبى لتوضيح رؤية النقط البعيدة، وله مسمار لوقف حركته الدائرية الأفقية السريعة، ومسمار آخر لضبط حركته البطيئة حتى تنطبق الشعرة الرأسية فى حامل الشعرات على منتصف تدريج القامة (بالطول). والمنظار مزود بعدسة داخلية ولها مسمار يسمى مسمار تطبيق الصورة، لتوضيح صورة القامة وتطبيقها على حامل الشعرات.

٢- فى داخل المنظار، قرب العدسة العينية يوجد حامل الشعرات، وهو عبارة عن لوح زجاجى محفور عليه خطين أحدهما أفقى والثانى رأسى عمودى عليه، ويتقاطعان فى نقطة يمر بها محور خط النظر.

٣- قاعدة الجهاز، وبها مسامير تسوية، وميزان تسوية دائرى لضبط أفقية الجهاز عموماً، يتبع فى ضبط الأفقية الطريقة التى سبق شرحها[١] ويركب الجهاز

(١) راجع صفحة ٢٢٠-٢٢١.



شكل رقم (١٥٩) ميزان المساحة صناعة زايس يينا Jena

١ – غطاء ميزان التسوية بداخله مرآه
٢ – العدسة الشيئية
٣ – مسمار تطبيق الصورة
٤ – العدسة العينية
٥ – ميزان تسوية طولى
٦ – مسمار ربط حركة المنظار البطىء
٧ – ميزان تسوية دائرى
٨ – مسامير التسوية

على حامل له ثلاث شعب مدببة لتثبتها جيداً فى الأرض أثناء العمل.

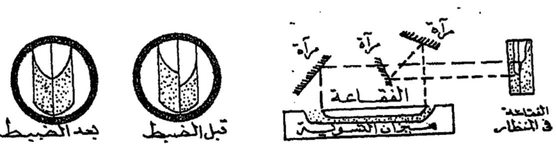
٤ – ميزان تسوية داخلى لضبط أفقية خط النظر بدقة. وهذا الميزان محفوظ داخل علبة معدنية حتى لايتعرض للتأثيرات الجوية والشمس والرطوبة والتى تؤثر تأثيراً بالغاً على حساسية الفقاعة. وهذه العلبة لها غطاء بداخله مرآه لامكان رؤية الفقاعة أثناء الرصد بانعكاس صورتها للعين بدون أن يتحرك الراصد.

كما أن هذه الفقاعة تنعكس إلى عين الراصد- في بعض الموازين - في منظار جانبي بجوار العدسة العينية، بواسطة عدة منشورات زجاجية أو مرايا. وتظهر الفقاعة منقسمة إلى قسمين، كل قسم فيها عبارة عن ربع الفقاعة متبادل مع الربع الآخر. فإذا لم يكن المنظار أفقيا تماما، فاننا نلاحظ أن المسافة بين هذين الربعين كبيراً، وتقل هذه المسافة حتى تتلاشى في حالة ضبط الأفقية تماماً والشكل رقم (١٦٠) يوضح ميزان التسوية الداخلي قبل وبعد ضبط أفقيته، كما يبين الشكل رقم (١٦٠) إنعكاسات طرفي الفقاعة بواسطة مجموعة من المرايا.

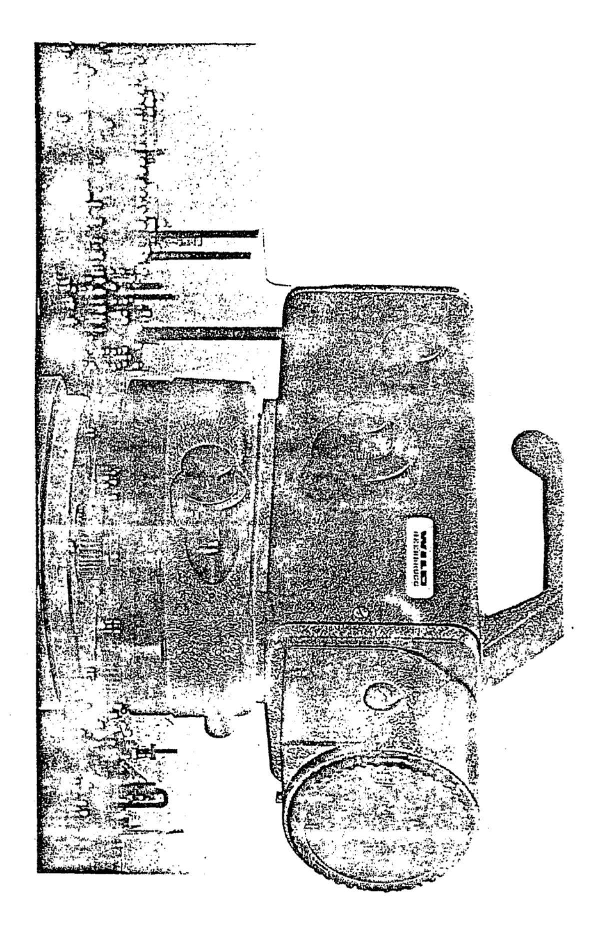
وهناك مسمار خاص لضبط أفقية ميزان التسوية الداخلي، مثبت أسفل العدسة العينية يطلق عليه «الميكرومتر» ويستعمل لضبط أفقية الفقاعة عند كل قراءة عقب التوجيه نحو القامة. لأنه لو أستخدمت مسامير التسوية الموجودة في القاعدة فإن المستوى الأفقي السابق ضبطه سيتغير إرتفاعاً أو هبوطاً، مما يسبب أخطاءاً كبيرة في مناسيب النقط.

وفي بعض الأنواع الحديثة، تظهر الفقاعة في داخل المنظار الرئيسي في الجزء السفلي منه، حتى يلاحظها الراصد أثناء رصده لقراءة القامة، إذ أن بعض الراصدين قد يسهو عليهم النظر في المنظار الجانبي لملاحظة ميزان التسوية الداخلي والتأكد من أفقيته..

٥- ومعظم الموازين الحديثة مثبت في قاعدتها قرص أفقي به تدريج له منظار خاص وذلك لمعرفة زاوية إتجاه خط النظر عن الاتجاه الأساسي، خاصة أثناء إجراء الميزانيات الشكبية (كما سيأتي فيما بعد).



شكل رقم (١٦٠) انعكاسات الفقاعة داخل المنظار.- صورة الفقاعة

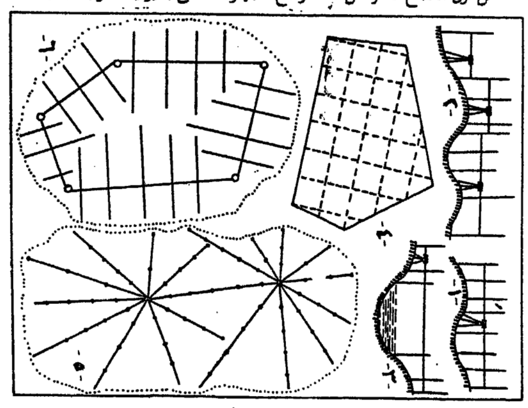


أنواع الميزانية

تنقسم الميزانية من حيث الغرض الذى تستخدم من أجله، ومن حيث طريقة إجرائها إلى الأنواع الآتية: كما فى الشكل رقم (١٦١).

(١) الميزانية الطولية:

وتجرى فى الاتجاه الطولى للمشروع مثل محاور الطرق والترع والمصارف، لتعيين مناسيب نقطها المختلفة. ويعرف الشكل الذى يبين مناسيب هذه النقط بالقطاع الطولى، وعن طريقها يمكن رسم القطاعات الطولية للطرق والمجارى المائية وقيعان الأودية لمعرفة شكل إنحدارها. وأحياناً قد يكون هذا القطاع طويلاً، مما يضطر المساح إلى نقل جهاز الميزان أكثر من مرة على طول القطاع، فتسمى بالميزانية المسلسلة Series Levelling حتى يسهل رصد القامة وقراءتها بوضوح، كذلك عند وجود موانع تحجب الرؤية من وضع واحد للميزان أو وجود فروق كبيرة فى مناسيب النقط.أمّا إذا لم ينقل الجهاز من موضعه، وتمت عملية الميزانية من أول القطاع لآخره من هذا الوضع للجهاز، فتسمى بالميزانية الطولية البسيطة.



شكل رقم (١٦١) أنواع الميزنية

(٢) الميزانية العرضية:

وتجرى فى الاتجاه العرضى للترع والمصارف والأنهار والأودية والطرق السريعة العريضة. ويعرف الشكل الذى يبين مناسيب نقطها بالقطاع العرضى. وأغلب هذا النوع من الميزانية بسيط، أى يتم من وضع واحد للجهاز المستخدم فى الميزانية وعن طريقها يتبين شكل جوانب الأودية ومدى إتساع قيعانها.

(٣) الميزانية الشبكية:

وتجرى، فى الاتجاهات الطولية والعرضية معاً، لتحديد وإظهار شكل سطح المنطقة المرفوعة وعمل خريطة كنتورية لها، بمعلومية مناسيب النقط المنتشرة على هذا السطح.

وفى هذا النوع من الميزانية يتم العمل بعدة طرق مختلفة نذكر منها:

(أ) تقسيم المنطقة إلى مربعات متساوية الأضلاع أو مستطيلات، ثم تجرى الميزانية لايجاد مناسيب هذه النقط الموجودة فى أركان المربعات أو المستطيلات.

(ب) إختيار نقطة مركزية - أو أكثر من نقطة إذا لزم الأمر - داخل المنطقة، وعمل أشعة منها فى إتجاهات مختلفة تغطى المنطقة المطلوب رفعها. ويثبت الميزان فى هذه النقطة - أو النقط - وترصد قراءات القامة عند التغير فى المنسوب على كل إتجاه من هذه الأشعة.

(جـ) إذا كانت المنطقة المطلوب إنشاء خريطة كنتورية لها محددة بترافيرس، فيمكن إقامة خطوط متعامدة على أضلاع الترافيرس، وترصد قراءات القامة عند نقط التغير فى المناسيب أو الانحدار على هذه الأعمدة أو ترصد قراءاتها على مسافات منتظمة ومتساوية.

ونظراً لأهمية الميزانية الشبكية فقد أفردنا لها دراسة مستقلة.

طريقة إجراء الميزانية:

نفرض أننا نريد إيجاد مناسيب النقط ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، الواقعة على محور طريق. والمعلوم لدينا منسوب نقطة أ، حيث أنها روبير منسوبة ١٠,٥٠ أمتار فوق مستوى سطح البحر. نجرى الآتى:

١ - نكون جدولا به الخانات الآتية كمايلى:

مؤخرة	متوسطة	مقدمة	المنسوب	النقطة	المسافة	ملاحظات
قراءات القامة						

القراءة المؤخرة Back Sight هى أول قراءة تؤخذ بالميزان بعد اعداده للعمل على نقطة معروف منسوبها (أو روبير).

والقراءة المقدمة Fore Sight هى آخر قراءة تؤخذ قبل رفع الميزان مباشرة.

أما المتوسطات فهى القراءات التى تؤخذ على نقط بين المؤخرة والمقدمة أثناء العمل بالميزان.

٢- نضع الميزان فى أى مكان مناسب (ولتكن نقطة س) بحيث نرى أكبر عدد ممكن من النقط المطلوب إيجاد منسوبها ونضبط أفقيته تماماً.

٣- نضع القامة فوق الروبير عند نقطة أ. ونوجه إليها منظار الميزان، ونقرأ تدريج القامة الذى تعينه الشعرة الأفقية الوسطى فى المنظار ولتكن ٠.٨٠ مترا تضع هذه القراءة أمام نقطة أ فى خانة المؤخرات. ويكتب أمام هده النقطة فى خانة الملاحظات، أنها نقطة روبير منسوبة ١٠,٥٠ أمتار. كما تسجل منسوب هذه النقطة فى خانة المنسوب. وحيث أنها أول نقطة فى الميزانية يدون فى خانة المسافة صفر.

٤- توجه المنظار ناحية النقطة رقم ١، حيث توضع القامة فوقها. ونقرأ تدريج القامة عند الشعرة الأفقية، وليكن ٢,١٠ مترا. ثم ننقل القامة إلى النقطة رقم ٢، ونقرأ تدريج القامة، وليكن ١,٥٠ متر. وحيث أن الجهاز لم ينقل من مكانه فاننا نضع هاتين القراءتين فى خانة المتوسطات، أمام كل من النقطتين

١ ، ٢ على الترتيب. نقيس المسافة بين نقطة أ، وكل من النقطتين ١ ، ٢، ونضع الطول المقاس فى خانة المسافة أمام كل منهما.

٥- نضع القامة على النقطة رقم ٣ ونوجه إليها منظار الميزان ونقرأ تدريج القائمة وليكن ٠,٥٠ متر. ونظراً لأننا لم نتمكن من رؤية باقى النقط، فاننا نثبت القامة فى موضعها على هذه النقطة دون أن تتحرك، وننتقل بالميزان إلى موضع جديد يسمح برؤية باقى النقط (وليكن فى المكان ص). وتعتبر القراءة السابق رصدها والجهاز فى الموضع (س) مقدمة، حيث أنها كانت آخر قراءة للميزان فى وضعه السابق ونسجلها فى خانة المقدمات أمام النقطة رقم ٣. ونكتب فى خانة الملاحظات أنها محور دوران للجهاز. ونقيس المسافة بين نقطة أ والنقطة رقم ٣ وندونها فى خانة المسافة.

٦- بعد انتقالنا بالميزان إلى الموضع (ص) وبعد ضبط أفقيته، نوجه المنظار إلى القامة التى ماتزال موجودة فوق النقطة رقم ٣. نقرأ تدريج القامة الجديد وليكن ٣,٤٠ أمتار. وتعتبر هذه القراءة مؤخرة لأنها أول قراءة فى هذا الوضع الجديد للميزان، وتوضع أمام النقطة رقم ٣ فى خانة المؤخرات.

أى أن النقطة رقم ٣ وهى تمثل محوراً لدوران الميزان، يوجد أمامها قراءتان للقامة:

الأولى: مقدمة أخذت فى الوضع السابق للميزان

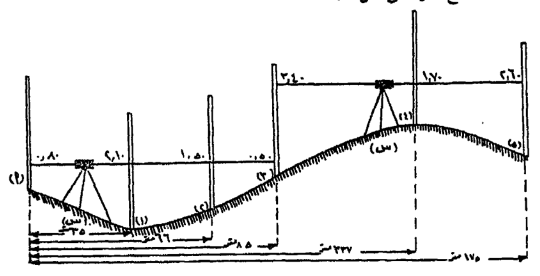
الثانية: مؤخرة أخذت فى الوضع الجديد للميزان.

٧- نوجه منظار الميزان إلى النقطة رقم ٤ ونقرأ تدريج القامة عندها، وليكن ١,٧٠ متر. وتعتبر هذه القراءة متوسطة، حيث أن الجهاز لم ينتقل بعد من مكانه. نسجل هذه القراءة فى الجدول فى خانة المتوسطات أمام هذه النقطة. نقيس المسافة بين أ والنقطة رقم ٤ ونسجلها فى خانة المسافة.

٨- نوجه المنظار إلى النقطة الأخيرة فى الميزانية - رقم ٥ - ونقرأ تدريج القامة عندها وليكن ٢,٦٠ متر. ونسجل هذه القراءة فى خانة المقدمات أمام هذه النقطة حيث أنها آخر نقطة لهذا الوضع للميزان، كما أنها آخر نقطة فى الميزانية. ونقيس المسافة بين أ والنقطة رقم ٥ ونسجلها فى خانة المسافة.

والشكل رقم (١٦٢) يوضح كروكى لهذه الميزانية، موضح فيه أماكن النقط

وفوقها القامة وموضع الميزان فى المكانين «س» ، «ص» وخط النظر أو مستوى سطح الميزان في كل منهما.



شكل رقم (١٦٢) كروكى الميزانية يوضح أوضاع الميزان

٩- وبذلك يتكون لدينا الجدول التالي:

ملاحظـــات	المسافة بالمتر	النقطة	المنسوب	قراءات القامة		
				مقدمة	متوسطة	مؤخرة
روبير رقم ... منسوبة ١٠,٥٠م	صفر	أ	١٠,٥٠			٠,٨٠
	٣٥	١			٢,١٠	
	٦٦	٢			١,٥٠	
محور دوران للميزان	٨٥	٣		٠,٥٠		٣,٤٠
	١٣٧	٤			١,٧٠	
نهاية الميزانية	١٧٥	٥		٢,٦٠		

طرق حساب المناسيب

١ - طريقة الارتفاع والانخفاض:

تعتمد هذه الطريقة على مقارنة كل نقطة بالنقطة السابقة لها، ومعرفة ما إذا كانت مرتفعة أو منخفضة عنها. وتعتمد هذه المقارنة على أنه كلما إزدادت قراءة

القامة كلما دل ذلك على إنخفاض النقطة المقارنة عن النقطة السابقة لها وبالعكس كلما قلت قراءة القامة كلما دل ذلك على إرتفاع النقطة المقارنة.

وفى المثال السابق الذى إنتهى بجدول الميزانية، تضيف على الجدول خانتين هما: الارتفاع Rise والانخفاض Fall. ثم نبدأ فى حساب مناسيب النقط كما يلى:

١- لما كانت قراءة القامة عند نقطة (أ) «وهى مؤخرة» = ٠,٨٠ متر، بينما كانت قراءتها عند النقطة (١) = ٢,١٠ متر، معنى ذلك أن النقطة (١) تنخفض عن (أ) بمقدار الفرق بين القراءتين (٢,١٠ - ٠,٨٠ = ١,٣٠ متر). يدون هذا الفرق فى خانة الإنخفاض أمام النقطة (١). وحيث أن منسوب النقطة (١) ينخفض عن (أ) بمقدار ١,٣٠ متراً، يطرح هذا المقدار من منسوب (أ) فينتج منسوب النقطة (١) ويدون فى خانة المنسوب أمامها (١٠,٥٠٠ - ١,٣٠= ٩,٢٠ أمتار).

٢- بمقارنة قراءة القامة عند النقطة (٢) بقراءتها عند (١) نجد أنها أقل ومعنى ذلك أن النقطة (٢) ترتفع عن (١) بمقدار الفرق بين القراءتين (٢,١٠ - ١,٥٠ = ٠,٦٠ متر) ويدون هذا الفرق فى خانة الإرتفاع أمام النقطة (٢)، أى أن منسوب هذه النقطة أعلى من منسوب النقطة السابقة لها (١) بمقدار ٠,٦٠ مترا.

∴ منسوب النقطة رقم (٢) = ٩,٢٠ + ٠,٦٠ = ٩,٨٠ أمتار.

٣- لمعرفة منسوب النقطة رقم (٣). من الخطأ مقارنة قراءة المقدمة بقراءة المؤخرة. إذ أن هاتين القراءتين مأخوذتين والقامة فوق نقطة واحدة رقم (٣)، ولم يرصدا والميزان فى وضع واحد. فالقراءة المدونة فى خانة المقدمات تعتبر آخر قراءة للميزان وهو فى وضعه الأول (س)، بينما القراءة المدونة فى خانة المؤخرات، أول قراءة والميزان فى وضعه الجديد (ص).

وعلى ذلك تقارن قراءة المقدمة (٠,٥٠ متر) بقراءة القامة عند النقطة السابقة (٢) (١,٥٠ متر). فنلاحظ أن النقطة (٣) ترتفع عن النقطة (٢) بمقدار (١,٥٠ - ٠,٥٠ = ١,٠٠ متر). يذكر هذا الفرق فى خانة الارتفاع أمام النقطة (٣)، ويكون منسوبها = ٩,٨٠ + ١,٠٠ = ١٠,٨٠ أمتار.

٤- ولايجاد منسوب النقطة (٤) تقارن قراءة القامة عندها (١,٧٠ متر) بقراءة القامة

على النقطة السابقة لها. وفى هذه الحالة تقارن بالقراءة المذكورة فى خانة المؤخرات (٣,٤٠ أمتار). أى أن النقطة (٤) ترتفع عن النقطة (٣) بمقدار (٣,٤٠ - ١,٧٠ =١,٧٠ متر). يدون هذا الفرق فى خانة الارتفاع أمام النقطة (٤).ويكون منسوبها = ١٠,٨٠ + ١,٧٠ =١٢,٥٠ متراً.

٥- بمقارنة قراءة القامة عند النقطة (٥) وهى ٢,٦٠ متراً والقراءة على النقطة السابقة لها (١,٧٠ متر)، نجد أنها أكبر. ومعنى ذلك أن النقطة (٥) تنخفض عن النقطة (٤) بمقدار (٢,٦٠ - ١,٧٠= ٠,٩٠ متر). ويسجل هذا الفرق فى خانة الانخفاض أمام النقطة (٥). ويكون منسوبها= ١٢,٥٠ - ٠,٩٠ = ١١,٦٠ متراً.

ولتحقيق العمل الحسابى:

* يجب أن يكون عدد المؤخرات مساوياً لعدد المقدمات. وفى هذا المثال:
  عدد المؤخرات قراءتين وعدد المقدمات قراءتين.

* تجمع قراءات القامة فى خانة المؤخرات وكذلك القراءات فى خانة المقدمات ويحسب الفرق بينهما.

  أى: مجموع المؤخرات - مجموع المقدمات
  = ٤,٢٠ - ٣,١٠ = ١,١٠ متر

* تجمع خانة الارتفاع وكذلك خانة الانخفاض ويحسب الفرق بينهما.

  أى مجموع الارتفاعات - مجموع الانخفاضات
  = ٣,٣٠ - ٢,٢٠ = ١,١٠ متر

* يطرح منسوب أول نقطة من منسوب آخر نقطة

  أى منسوب آخر نقطة - منسوب أول نقطة
  = ١١,٦٠ - ١٠,٥ = ١,١٠ متر

∴ الناتج فى كل حالة مقدار ثابت فإن العمل الحسابى صحيح.

والجدول التالى يوضح هذه الطريقة

قراءات القامة			ارتفاع	انخفاض	المنسوب	النقطة	المسافة بالمتر	ملاحظـــات
مؤخرة	متوسطة	مقدمة						
٠,٨٠					١٠,٥٠	أ	صفر	روبير رقم ... منسوبة
	٢,١٠			١,٣٠	٩,٢٠	١	٣٥	
	١,٥٠		٠,٦٠		٩,٨٠	٢	٦٦	
٣,٤٠		٠,٥٠	١,٠٠		١٠,٨٠	٣	٨٥	
	١,٧٠		١,٧٠		١٢,٥٠	٤	١٣٧	محور دوران للميزان
		٢,٦٠		٠,٩٠	١١,٦٠	٥	١٧٥	
٤,٢٠		٣,١٠	٣,٣٠	٢,٢٠				

٢- طريقة منسوب سطح الميزان:

فى هذه الطريقة يحدد منسوب المستوى الأفقى لخط نظر جهاز الميزان، بقياس إرتفاعه عن أحد الروبيرات أو عن نقطة منسوبها معلوم بدقة. ويقصد بالمستوى الأفقى ذلك الذى يعينه خط نظر المنظار عندما يكون الجهاز أفقياً تماماً. ثم تحدد مناسيب النقط بعد ذلك بقياس انخفاضها - الذى تعينه قراءة القامة عندها - عن منسوب خط نظر الميزان الذى يسمى عادة مستوى سطح الميزان ويرمز له بالرمز (م.س.م). وفى هذه الحالة يحذف من الجدول خانتى الارتفاع والانخفاض وتستبدل بخانة منسوب سطح الميزان.

ولحساب مناسيب النقط فى المثال السابق بهذه الطريقة، نتبع مايلى:

١- يجمع منسوب النقطة (أ) مع قراءة القامة المدونة أمامها فى خانة المؤخرات، فينتج منسوب سطح الميزان (١٠,٥٠ + ٠,٨٠= ١١,٣٠ متر). نسجلها فى خانة (م.س.م) أمامها.

٢- تطرح جميع قراءات القامة عند باقى النقط التالية المتوسطة حتى القراءة المقدمة، التى تمثل آخر قراءة لهذا الوضع للميزان، من منسوب سطح الميزان، فيكون الناتج عبارة عن منسوب كل نقطة ويدون أمام كل منها فى خانة المنسوب.

منسوب نقطة (١) = ١١,٣٠ – ٢,١٠ = ٩,٢٠ أمتار.

منسوب نقطة (٢) = ١١,٣٠ – ١,٥٠ = ٩,٨٠ أمتار.

منسوب نقطة (٣) = ١١,٣٠ – ٠,٥٠ = ١٠,٨٠أمتار.

٣– عند النقطة رقم (٣) ينتهى الوضع الأول للميزان بقراءة القامة المدونة فى خانة المقدمات، ويبدأ الوضع الثانى للميزان بالقراءة المدونة فى خانة المؤخرات أمام هذه النقطة. تضاف القراءة المؤخرة إلى منسوب هذه النقطة، فينتج منسوب سطح الميزان لهذا الوضع الجديد ويدون أمام النقطة رقم (٣).

م.س.م = ١٠,٨٠ + ٣,٤٠ = ١٤,٢٠ متراً.

٤– لايجاد منسوبى النقطتين (٤)، (٥)، تطرح قراءات القامة المدونة أمام كل منهما من منسوب سطح الميزان لهذا الوضع الجديد.

منسوب نقطة (٤) = ١٤,٢٠ – ١,٧٠ = ١٢,٥٠ متراً.

منسوب نقطة (٥) = ١٤,٢٠ – ٢,٦٠ = ١١,٦٠ متراً.

والجدول التالى يبين هذه الطريقة:

مؤخرة	متوسطة	مقدمة	م.س.م.	المنسوب	النقطة	المسافة بالمتر	ملاحظـــات
قراءات القامة							
٠,٨٠			١١,٣٠	١٠,٥٠	أ	صفر	روبير رقم ... منسوبة
	٢,١٠			٩,٢٠	١	٣٥	
	١,٥٠			٩,٨٠	٢	٦٦	
٣,٤٠		٠,٥٠	١٤,٢٠	١٠,٨٠	٣	٨٥	
	١,٧٠			١٢,٥٠	٤	١٣٧	محور دوران للميزان
		٢,٦٠		١١,٦٠	٥	١٧٥	
٤,٢٠	٥,٣٠	٣,١٠		٦٤,٤٠			

ولتحقيق العمل الحسابى:

* عدد المؤخرات = عدد المقدمات = ٢

* مجموع المؤخرات – مجموع المقدمات = ٤,٢٠ – ٣,١٠ = ١,١٠ متر.

* منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة = ١١,٦٠ – ١٠,٥٠ = ١,١٠ متر.

* ولتحقيق المتوسطات:

أ مجموع مناسيب النقط – منسوب النقطة الأولى= ٦٤,٤٠ – ١٠,٥٠=٥٣,٩٠ متراً

ب (مجموع منسوب كل سطح ميزان × عدد المتوسطات والمقدمة المأخوذة منه)

– المجموع الكلى للمقدمات والمتوسطات

= (٢ × ١٤,٢٠ + ٣ × ١١,٣٠) – (٥,٣٠ + ٣,١٠)

= (٢٨,٤٠ + ٣٣,٩٠) – ٨,٤٠ = ٥٣,٩٠ مترا

وبما أن الناتج كل من العمليتين أ، ب صحيح، اذا يكون حساب مناسيب المتوسطات صحيحاً.

مقارنة بين طريقتى الحساب:

* العمل الحسابى فى طريقة منسوب سطح الميزان يقل كثيراً عن الطريقة الأخرى أثناء حساب مناسيب النقط. وبذلك يسهل سرعة حساب المناسيب أثناء العمل فى الغيط. وتستعمل طريقة منسوب سطح الميزان عندما يكون عدد المتوسطات كبيرا كما فى حالة الميزانية الشبكية وكافة الأعمال التى لايتم نقل الميزان وتغيير وضعه كثيراً.

* طريقة الارتفاع والانخفاض يكثر فيها العمل الحسابى ولكن التحقيق فيها أضمن وأفضل – بالنسبة لنقط المتوسطات – من الطريقة الأخرى. إذ أن أى خطأ فى حساب مناسيب المتوسطات، أو أى متوسطة واحدة، يظهر أثره فى حساب باقى مناسيب النقط. ويمكن اكتشاف هذه الخطأ. أما فى طريقة منسوب سطح الميزان، فلايكتشف هذا الخطأ فى حساب مناسيب المتوسطات لأن قراءة المتوسطات لاتدخل فى عمل التحقيق. وتستعمل طريقة الإرتفاع والإنخفاض فى إيجاد مناسيب النقط الدقيقة.

تحقيق عمل الغيط:

يحتاج الراصد دائماً إلى التأكد من دقة وصحة عمله أولاً بأول. وتصحيح أخطائه حتى لاتتراكم ويضطر إلى إعادة العمل مرة أخرى فى النهاية. إذ أن طرق التحقيق السابقة قاصرة فقط على العمليات الحسابية التى تشملها الميزانية، ولكن صحة هذه العمليات ليست بالضرورة دليلاً على صحة المناسيب.

ويتم تحقيق عمل الغيط والتأكد من صحة العمل بإحدى الطرق التالية:

(أ) يجب على الراصد، قبل البدء فى عمل أى ميزانية، أن يبحث فى دفتر المنطقة عن الروبيرات القريبة من خط ميزانيته. ليبدأ عمله من واحد منها وإذا صادفه روبير فى طريقة أو كان قريباً منه، يستنتج منسوبه من قراءة يأخذها عليه، ثم يقارن هذا المنسوب المستنتج بمنسوب الروبير الصحيح، فإذا إتفق المنسوبان، أو كان الخطأ مسموحاً به، إعتبرت الميزانية صحيحة حتى موضع الروبير الجديد. ويستمر فى عمله مبتدئاً من الروبير الجديد. أما إذا زاد الخطأ عن الحد المسموح به، يعاد العمل فى رصد الميزانية من جديد قبل تكملتها بأخطائها.

(ب) وإذا خلا طريق الميزانية من روبيرات قريبة، فيلزم إعادة الميزانية من نهايتها إلى النقطة التى بدأت منها. ومقارنة منسوب النقطة فى البداية ومنسوبها بعد الرجوع إليها. ولاداعى لرصد نقط متوسطة أثناء الرجوع بالميزانية بل يكتفى فقط بنقط الدوران السابقة لكشف مواضع الأخطاء وتصحيحها. ويمكن إختيار نقط دوران أخرى خلاف السابقة فى طريق مختصر بين بدء الميزانية ونهايتها، للتحقق من صحة الميزانية، وإن كان هذا الاجراء لايساعد على كشف المواقع التى حدثت بها الأخطاء بسهولة، ولكنه يوفر الوقت اللازم لتحقيق العمل.

الخطأ المسموح به فى الميزانيه:

يتناسب الخطأ المسموح به فى الميزانية مع عدد أوضاع الميزان، نظراً لأن عددها يكون ثابتاً تقريباً فى الكيلو متر الواحد. والخطأ المسموح به يمكن إستنتاجه من المعادلة.

ن = $\sqrt{ك}$ ملليمتر

حيث ن . عدد ثابت ، ك : طول الميزانية بالكليومتر

ويختلف قيمة العدد الثابت تبعاً لدرجة الميزانية ودقتها. ففي هيئة المساحة المصرية يكون الخطأ المسموح به كمايلي:

ميزانية الدرجة الأولى ٥ $\sqrt{ك}$

ميزانية الدرجة الثانية ١٠ $\sqrt{ك}$

ميزانية الدرجة الثالثة ١٢ $\sqrt{ك}$

وعلى أية حال، فإن العدد الثابت يتوقف على خبرة الراصد ونوع الميزانية وطبيعة الأرض والظروف الجوية التى أجريت فيها الميزانية.

والحد الأقصى لطول المسافة بين الميزان والمؤخرة أو المقدمة يتوقف على طبيعة سطح الأرض والظروف الجوية وخصائص المنظار. ففى الأرض شديد الانحدار مثلاً، يتوقف طول خط النظر أثناء صعود هذا المنحدر على المسافة بين الميزان والنقطة التى يقابل فيها خط النظر سطح الأرض. وفي الأراضى المنبسطة تقريباً يجب ألا تقل المسافة عن ٣٠ متراً ولاتزيد عن ١٠٠ متر تقريباً. إذ أن المسافات التى تزيد عن ذلك يحتمل زيادة الأخطاء فيها بسرعة، فضلاً عن تأثير الانكسار الجوى.

وإذا أردنا الحصول على نتائج نتخلص فيها من كثير من أسباب الأخطاء نضع الميزان فى منتصف المسافة بين كل مقدمة ومؤخرة، وهذا هو الأفضل.

حساب مناسيب النقط اذا كانت النقطة المعلومة غير النقطة الأولى:

يحدث فى بعض الأحيان أن تكون نقطة البداية عند إجراء ميزانية ما ، غير معلومة . ويكون المعلوم منسوب آخر نقطة فى نهاية العمل أو منسوب نقطة فى وسط خط الميزانية. ونظراً لضيق الوقت أو لأى سبب آخر، لا يمكن إجراء ميزانية مسلسلة من أقرب روبير لبداية العمل. ففى هذه الأحوال يمكن حساب المناسيب، بعد تدوين القراءات فى جدول الميزانية كمايلي:

(أ) اذا كان المعلوم منسوب آخر نقطة:

١- ذكرنا من قبل، أنه لتصحيح العمل الحسابي يجب أن يكون الفرق بين مجموع المؤخرات ومجموع المقدمات، مساوياً للفرق بين منسوب آخر نقطة ومنسوب أول نقطة. ومن هذه المعادلة نحصل على منسوب أول نقطة لأنها هي المجهول الوحيد في هذه المعادلة أي:

∴ منسوب أول نقطة = منسوب آخر نقطة - (مج المؤخرات - مج المقدمات).

٢- بعد تحديد منسوب أول نقطة، تكتب في جدول الميزانية في خانة المنسوب أمام النقطة الأولى وتحسب مناسيب باقي النقط باحدى طريقتي الحساب السابق ذكرها.

٣- يكون تحقيق العمل الحسابي، بحساب منسوب النقطة الأخيرة (المعلومة)، ويجب أن تتفق مع المنسوب المعلوم وإلا كان هناك خطأ في العمل الحسابي.

(ب) اذا كان المعلوم منسوب نقطة متوسطة:

١- المقصود بنقطة متوسطة: نقطة دوران، أو نقطة أمامها قراءة متوسطة في خط الميزانية. في هذه الحالة تجمع منسوب هذه النقطة على المؤخرة الموجودة أمامها (اذا كانت نقطة دوران) فينتج منسوب سطح الميزان. يكمل العمل الحسابي حتى آخر نقطة في الميزانية فنحصل على منسوبها. ثم يحسب منسوب أول نقطة بالطريقة السابق ذكرها.

٢- اذا كانت النقطة المعلوم منسوبها متوسطة في الميزانية، فاننا نجمع قراءة المتوسطة على المنسوب فينتج منسوب سطح الميزان لهذا الوضع. نكتب منسوب سطح الميزان هذا أمام مؤخرة هذا الوضع. ونكمل العمل كما في البند السابق.

الأخطاء وأسبابها وكيفية التخلص منها

تتعرض خطوات العمل في الميزانية لكثير من الأخطاء، التي يمكن تجنبها بالعناية والدقة اللتين لا تتعارضان مع السرعة المناسبة لاتمام العمل. ويمكن

تصنيف هذه الأخطاء إلى: أخطاء الية نتيجة لعيوب فى الجهاز المستخدم وأخطاء شخصية سواء فى إستعمال الأجهزة أو فى رصد القراءات أو وضع القامة. وأخطاء طبيعية مثل درجة الحرارة والرياح وكروية الأرض.

وفيما يلى دراسة لأهم هذه الأخطاء ووسائل التخلص منها:

أولاً: الأخطاء الآلية:

يمكن تمثيل جهاز الميزان، بثلاث محاور هى المحور الرأسى لدوران الجهاز، ويتعامد عليه (أفقياً) محور ميزان التسوية الطولى المثبت فى المنظار وكذلك محور خط النظر فى الميزان شكل رقم (١٦٣).

وضبط تعامد هذه المحاور يسمى «الضبط الدائم للميزان Permanent Adjustment». وهو مايجب إجراؤه عند إستعمال الميزان لأول مرة أو إذا أسيء إستعماله، أو إذا شك الراصد فى عدم صحة تركيب أجزائه بالنسبة لبعضها. ولكل ميزان طريقة لضبطه الدائم تختلف باختلاف تركيبه. ونقتصر هنا على توضيح الضبط الدائم للموازين طراز دمبى Dumpy لانتشار استخدامها فى معظم الأحوال فى الوقت الحاضر.

شكل رقم (١٦٣) محاور الميزان

ولكى يكون الميزان مضبوطا يجب أن يتعامد محورى ميزان التسوية وخط النظر على المحور الرأسى لدوران الجهاز. وتستوفى هذه الشروط بالترتيب المبين فيما بعد. إذ أن هذا الترتيب ضرورياً حتى لايخل أحدهما بالآخر.

١- تعامد محور ميزان التسوية على المحور الرأسى لدوران الجهاز:

الهدف من تحقيق هذا الشرط هو أن يرسم محور ميزان التسوية، مستوى أفقياً، مهما دار المنظار حول محوره الرأسى، وإلا فإن محور الفقاعة إذا كان يميل على المحور الرأسى وغير متعامد عليه، فانها تنحرف عن منتصف مجراها، كلما دار

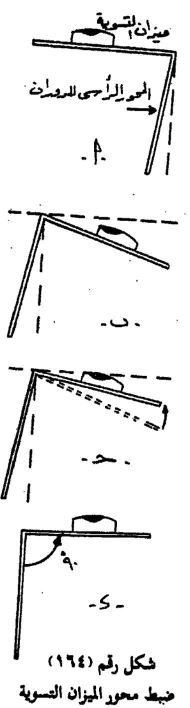
المنظار نتيجة لدوران خط حول آخر مائلا عليه... تجرى مايلى:

(أ) نثبت أرجل الميزان فى الأرض جيداً، ونجعل ميزان التسوية موازياً لأى مسمارين من مسامير التسوية وضبط الفقاعة فى منتصف مجراها شكل رقم (١٦٤ – أ).

(ب) ندير المنظار ١٨٠° حول المحور الرأسى. فإذا ظلت الفقاعة فى منتصف مجراها، كان ذلك دليلاً على تعامد محور ميزان التسوية على المحور الرأسى للميزان. أما اذا لم يكن التعامد صحيحاً، فإن الفقاعة تنحرف عن منتصف مجراها كما فى الشكل رقم (١٦٤ – ب).

(جـ) لجعل المحورين متعامدين أى لتصحيح الخطأ نحرك المسمار أو الصامولة الخاصة بتثبيت ميزان التسوية، فيرتفع ميزان التسوية أو ينخفض من الجانب الموجود فيه هذه الصامولة، حتى تعود الفقاعة بمقدار نصف الخطأ الظاهرى، ويقدر بنصف عدد اللأقسام التى إنحرفتها الفقاعة وبذلك يصبح المحوران متعامدين شكل رقم (١٦٤ – جـ).

(د) لضبط أفقية الجهاز، تستعمل مسامير التسوية العادية لضبط النصف الثانى من الخطأ شكل رقم (١٦٤ – د) وذلك بالطريقة المعتادة.

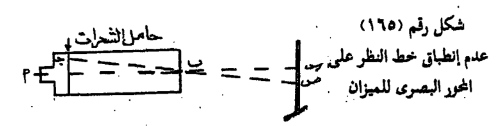


شكل رقم (١٦٤)
ضبط محور الميزان التسوية

٢- تعامد خط النظر على المحور الرأسى لدوران الجهاز:

خط النظر هو الخط الأمامى الواصل بين تقاطع الشعرات، ومركز العدسة الشيئية أما المحور البصرى (أو الهندسى) فهو الخط الواصل بين مركزى العدستين الشيئية والعينية، وهذا متعامد أصلا على المحور الرأسى عند صناعة الجهاز.

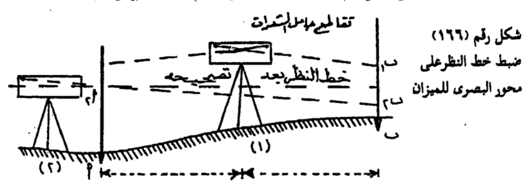
والشكل رقم (١٦٥) يوضح الحالة التى لاينطبق فيها الخطان. فالخط أ ب هو المحور البصرى للمنظار، أما الخط جـ ب فهو خط النظر الخاطىء، وهو مائل على محور المنظار نتيجة لوقوع تقاطع الشعرات أعلى محور المنظار (وقد يقع التقاطع أسفل محور المنظار). وينشأ عن هذا الاختلاف الحصول على قراءات خاطئة على القامة، فالقراءة الصحيحة هى «س» أما القراءة «ص» خاطئة.



شكل رقم (١٦٥)
عدم إنطباق خط النظر على المحور البصرى للميزان

والغرض من الضبط، أن يقع تقاطع الشعرات على المحور البصرى وبالتالى يكون خط النظر أفقياً، ويسمى فى هذه الحالة خط الانطباق Line of Collimation، ولاجراء عملية الضبط، يتم ذلك على النحو التالى.

أ - تثبت وتدان أ، ب المسافة بينهما ١٠٠ متر تقريباً، ونضع جهاز الميزان فى منتصف المسافة بينهما، وبعد ضبط أفقيته، يوجه المنظار إلى القامة الموضوعة فوق الوتد (أ) وتقرأ القامة (لتكن أ١)، ثم يوجه المنظار إلى القامة فوق الوتد «ب» ونحصل على قراءتها «ولتكن ب١». شكل رقم (١٦٦).



شكل رقم (١٦٦)
ضبط خط النظر على محور البصرى للميزان

ب- يحسب الفرق بين القراءتين $أ_{١}$ $ب_{١}$، وهو الفرق الحقيقى بين منسوبى الوتدين «أ»، «ب»، سواء كان خط النظر صحيحاً أو مائلاً. لأن الخطأ متساوى فى الحالتين، ذلك لأن جهاز الميزان فى منتصف المسافة بين الوتدين.

جـ- ننقل الجهاز قريباً من أحد الوتدين «أ» مثلاً. بشرط أن يكون قريباً بقدر الامكان بحيث يمكن قراءة القامة فوق «أ». نضبط أفقية الجهاز فى وضعه الجديد رقم ٢. ونرصد قراءة القامة فوق «أ»، «ب» ولتكن القراءات $أ_{٢}$ $ب_{٢}$ ونحسب الفرق بين القراءتين.

د- إذا كان الفرق بين القراءتين الجديدتين يساوى الفرق فى الوضع الأول للميزان (أى أن: $أ_{١} - ب_{١} = أ_{٢} - ب_{٢}$) كان خط النظر أفقياً، أى يوازى محور ميزان التسوية وبالتالى إنطباق خط النظر على المحور البصرى.

أما إذا لم يتساو الفرقان، فهذا معناه عدم وقوع تقاطع الشعرات على المحور البصرى، ويكون التقاطع أعلى أو أسفل المحور البصرى.

هـ- لتصحيح هذا الفرق، يخفض أو يرفع حامل الشعرات، وذلك بربط أحد مساميره العلوى أو السفلى وفك الآخر، حتى نحصل على قراءتين يتساوى الفرق بينهما مع الفرق السابق حسابه والميزان فى وضعه الأول.

و- ونظراً لقرب المسافة بين الميزان والقامة فوق «أ» (فى وضعه الثانى) وبعده عن القامة فوق «ب»، فان إنحراف خط النظر لايؤثر كثيراً على القراءة $أ_{١}$ ويمكن إعتبار هذه القراءة ثابتة، ويكون الخطأ كله فى القراءة $ب_{٢}$ التى نضيف عليها (أو نطرح منها) مقدار الفرق اللازم حتى نحصل على القراءة $ب_{٣}$.

والمثال العددى التالى يوضح التطبيق العملى لانطباق خط النظر على المحور البصرى للمنظار.

وضع ميزان فى منتصف المسافة أ ب. فكانت القراءة على القامة أ = ١,٦٨ وعند ب = ١,٩٦ متر. ثم رفع الميزان ووضع قريباً من ب، فكانت القراءة عند أ = ١,٣١ وعند ب = ١,٧٤ متر. ماهى القراءة الصحيحة الواجب قراءتها عند نقطة أ بعد ضبط خط النظر للمنظار؟

الإجابة:

(أ) الميزان فى منتصف المسافة: يتضح من القراءتين أن نقطة أ أعلى من نقطة ب والفرق الحقيقى بين منسوبهما = ١,٩٦ - ١,٦٨ = ٠,٢٨ متر.

(ب) الميـزان قريبـاً مـن نقطـة ب: الفرق بيـن قراءتـى القامـة عنـد أ، ب = ١,٧٤ - ١,٣١ = ٠,٤٣ متر وهو لايساوى الفرق فى الحالة الأولى نتيجة لأن خط الانطباق غير صحيح. ويمكن إعتبار القراءة ١,٧٤ عند نقطة ب صحيحة نظراً لوجود الميزان قريبا منها.

، ∴ نقطة أ أعلى من نقطة ب بفرق صحيح قدره= ٠,٢٨ متراً

القراءة الصحيحة الواجب قراءتها عند نقطة أ

= ١,٧٤- ٠,٢٨ = ١,٤٦م.

ولذلك يجب خفض حامل الشعرات، حتى يتم تقاطع الشعرات عند القراءة ١,٤٦ متر على القامة عند نقطة أ.

∴ الفرق بين منسوبى أ، ب بعد تصحيح خط الانطباق

= ١,٧٤ - ١,٤٦= ٠,٢٨م

ثانياً: الأخطاء الشخصية:

وهى أخطاء قد يقع فيها الراصد، دون قصد، سواء أثناء إستعماله لجهاز الميزان أو القامة أو عند رصد القراءات وتدوينها فى دفتر الميزانية. ولتجنب هذه الأخطاء يراعى مايلى:

(أ) بالنسبة للميزان:

١- تثبيت حامل الميزان جيداً فى الأرض، خصوصاً فى الأراضى غير المتماسكة أو الرخوة، ويوجد فى نهاية الأرجل كعب حديدى يساعد على ذلك.

٢- ضبط أفقية ميزان التسوية الطولى ومراجعتها باستمرار لضمان وجود الفقاعة فى منتصف مجراها قبل الرصد وبعده للتأكد من أن القراءة لم تتغير. وقد سبق أن ذكرنا أنه فى الموازين الحديثة تظهر صورة الفقاعة داخل المنظار أسفل قراءة القامة، حتى يلاحظها الراصد دائما.

٣- ملاحظة تحريك المنظار بخفة وعدم الضغط عليه رأسياً، مع تجنب الإمساك بالحامل أو الإستناد عليه، حتى لايميل الميزان فتبعد الفقاعة عن منتصف مجراها وتتغير تبعاً لذلك أفقية خط الانطباق، أو مستوى سطح الميزان السابق ضبطه.

٤- وضع الميزان بحيث لايكون المنظار مواجهاً للشمس بقدر الإمكان وفى حالة عدم إمكان ذلك يسحب الغلاف المجاور للعدسة الشيئية لحمايتها من الأشعة المباشرة مع ضرورة الاستعانة بمظلة لهذا الغرض، حتى لايتعرض الجهاز للشمس كثيراً خاصة إذا كان التعرض من جانب واحد، مما يقلل من حساسية الفقاعة وتمدد أجزاء الميزان بمقادير غير متساوية.

٥- البعد عن الميزان والقامة فى نقط الدوران يتوقف على حالة العمل وقدرة المنظار على الرؤية وتقسيم القامة. عموماً يجب ألا تزيد هذه المسافة عن ١٠٠ متر ليمكن قراءة القامة بكل وضوح ودقة.

(ب) بالنسبة للقامة:

١- يجب التعرف على طريقة تدريج القامة والتحقق من صحة طولها وأقسامها وذلك بمعايرتها بشريط من الصلب.

٢- العناية أثناء فرد القامة المنزلقة أو القامة التلسكوبية، لضمان إتصال الأقسام بين أجزائها إتصالاً صحيحاً.

٣- ملاحظة وضع صفر تدريج القامة على الأرض، وهذا أمر يجب أن ينتبه إليه الراصد أثناء الرصد ويمكنه إكتشاف ذلك إذا تزايدت القراءات من أسفل إلى أعلى أو ظهرت الأرقام مقلوبة.

٤- ملاحظة وضع القامة رأسية تماماً، إما باستخدام خيط شاغول أو بميزان التسوية المستقل أو المتصل بالقامة (وقد سبق ذكرهما). وفى حالة عدم وجود أى منهما تحرك القامة إلى الأمام وإلى الخلف ببطء فى إتجاه خط النظر ورصد أقل قراءة تعينها تقاطع الشعرات.

٥- الابتعاد عن وضع القامة فى أرض رخوة، خاصة نقط الدوران. واذا اضطر الراصد إلى ذلك فيجب وضع القاعدة الحديدية.

(جـ) أخطاء القراءة:

١- الخطأ فى تقدير كسور السنتيمترات (أو المللميترات)، خاصة فى الميزانية الدقيقة.

٢- الخطأ فى القراءة على الشعرة العليا أو السفلى (شعرات الاسنادبا) بدلاً من الشعرة الوسطى التى يجب التحقق من أنها هى التى رصدت.

٣- قد يخطىء المبتدىء فى قراءة الأمتار الصحيحة، إذا لم يعتن بتحديد عدد النقط تحت رقم الديسيمتر.

٤- تدوين القراءة فى خانة غير خانتها الحقيقة فى جدول الميزانية. وكذلك كتابة المسافات والملاحظات أمام النقط التى تخصها.

ثالثاً: الأخطاء الطبيعية:

هى أخطاء لادخل للراصد أو للأجهزة المستخدمة فيها. ولكن يمكن للراصد الانتباه إليها لتجنبها. ومن العوامل الطبيعية التى تؤثر على صحة الميزانية مايلى:

١- الحرارة:

يسبب إرتفاع درجة حرارة الأرض، خاصة وقت الظهيرة، حدوث تيارات هوائية ساخنة صاعدة وإنكسار الضوء خلالها، يجعل القامة تبدو كأنها تهتز فى الجزء القريب من سطح الأرض ويمكن تجنب الخطأ فى القراءات بأخذها فى الجزء الأعلى من القامة بعيداً عن جزئها الأسفل المتأثر بهذه التيارات الساخنة، وذلك بوضع الميزان فوق مواضع مرتفعة نسبياً. كما يحسن تقليل المسافات بين الميزان والنقط المرصودة. ويمكن تفادى إرتفاع درجة الحرارة، بإجراء الميزانية فى الصباح الباكر للحصول على نتائج جيدة.

٢- الرياح:

من الصعب إجراء الميزانية أثناء هبوب الرياح، لأن ذلك يسبب إهتزاز الميزان وعدم ثبات القامة. واذا لم يكن هناك بد من القيام بالميزانية فى مثل هذه الأحوال، فيجب وقاية الميزان منها، مع تجنب القراءات فى الجزء العلوى من القامة لأنه يصعب بقاؤها ثابتة فى وضع رأسى.

٣- إنكسار الأشعة:

معروف أن الأشعة تنكسر عند مرورها فى أوساط جوية مختلفة الكثافة، لذلك فإن خط الانطباق فى المنظار لايكون خطاً مستقيماً ولكنه ينحنى إلى أسفل نحو الأرض. وبالنسبة للمسافات الصغيرة فان الخطأ يكون صغيراً جداً ويمكن تفاديه بوضع الميزان فى منتصف المسافة بين المؤخرة والمقدمة. ولكن إذا كانت المسافة كبيرة نسبياً فان الخطأ يصبح تراكمياً. ويمكن التخلص من هذا الخطأ بالميزانية المتبادلة أو العكسية (التى سنتناولها بالشرح فيما بعد).

بعض العقبات فى الميزانية وكيفية معالجتها

يصادف المساح فى بعض الأحيان، صعوبات وعقبات أثناء إجراء الميزانية. وفيمايلى أمثلة لبعض هذه العقبات وكيفية التغلب عليها.

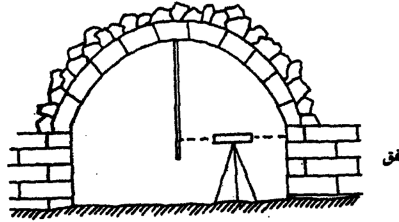
١- إجراء ميزانية على المنحدرات الشديدة:

عند إجراء ميزانية على منحدر شديد، صعوداً أو هبوطاً، يجب تجنب الأرصاد ذات المسافات القصيرة جدا بين الجهاز ونقط الدوران، وذلك بوضع الميزان بعيداً عن خط الميزانية والسير فى خط منكسر، حتى نوازن ما أمكن بين أطوال المقدمات والمؤخرات، أى تكون المسافة بين الميزان والمؤخرة تساوى تقريباً وبقدر الامكان المسافة بين الميزان ونقطة المقدمة. وحتى نتجنب الرصد على الحافة العليا للقامة.

٢- إيجاد منسوب نقطة أعلى من منسوب سطح الميزان:

يحدث ذلك إذا كان المطلوب إيجاد منسوب سقف كهف أو نفق أو كوبرى. توضع القامة مقلوبة وصفرها ملامساً للنقطة المراد إيجاد منسوبها (أى يكون صفر القامة إلى أعلى فى عكس وضعه المعتاد). وتدون القراءة فى خانة المتوسطات بالسالب.

فى الشكل رقم (١٦٧) نفرض أن منسوب سطح الميزان ٢٢,٨٣ متراً، وقراءة القامة ٢,٣٤ متر.



شكل رقم (١٦٧)
ايجاد منسوب سقف نفق

∴ منسوب سطح النفق = ٢٢,٨٣ - (-٢,٣٤) = ٢٥,١٧ متر.

يلاحظ أنه لايجاد منسوب نقطة السقف فاننا نجمع قراءة القامة بدلاً من طرحها كما هو معتاد.

٣- إعتراض سطح مائى لخط الميزانية:

يصادف فى بعض الأحيان أن يعترض خط الميزانية بحيرة أو مستنقع أو مجارى مائية كالأنهار والترع المتسعة (إلى حد ما). فاذا كان سطح المياه ساكناً وهادئاً دون ماتموج فى سطحه، وكان عرض هذا المسطح المائى كبيراً بحيث لايمكن رصد القامة على الجانب الآخر منها لعدم وضوح قراءتها.

فى هذه الحالة يمكن إعتبار سطح الماء كله نقطة دوران شكل (١٦٨). فيحدد منسوب الماء عند أحد الشاطئين وذلك بوضع قامة على سطحه واعتبارها مقدمة. ثم ننتقل إلى الشاطىء الآخر، ونضع القامة على سطح الماء (والسابق معرفة منسوبه من الشاطىء الأول). ونأتى بمنسوب سطح الميزان الجديد وتستمر فى إجراء الميزانية.

شكل رقم (١٦٨)
إعتراض سطح مائى لخط الميزانية

والواقع أن هذه العملية غير دقيقة لأن سطح الماء، مهما كان هادئاً فلابد من وجود بعض الاختلاف.

٤- العقبات المرتفعة فى طريق الميزانية:

عندما يعترض خط الميزانية سور بناء يعترض خط نظر الميزان. فى هذه الحالة يعتبر موضع هذا السور نقطة دوران ونأتى بمنسوب قمته. ونجرى مايلى:

(أ) ندق مسماراً بارزاً قرب أسفله، أو نضع نصل سكين فى فواصل الطوب إذا أمكن ذلك. ونقيس المسافة بين هذا المسمار «أو السكين» والحافة العليا للسور «أى قمة السور».

(ب) نضع القامة فوق المسمار «أو السكين» ونعتبرها مقدمة لآخر وضع فى الميزانية وبالتالى يمكن ايجاد منسوب قمة السور.

(جـ) ننتقل إلى الجانب الآخر من السور، وندق مسماراً آخر، ونقيس بعد المسمار عن قمة السور وبالتالى يمكن حساب منسوب هذا المسمار.

(د) نضع القامة على المسمار وتعتبر فى هذه الحالة مؤخرة لموضع الجديد للميزان، ونكمل العمل بعد ذلك كالمعتاد. إذ أننا إعتبرنا منسوب قمة السور كنقطة دوران فى الميزانية.

(هـ) والمثال العددى التالى يوضح لنا هذه الطريقة مع الشكل رقم (١٦٩).

شكل رقم (١٦٩)
إعتراض سور لخط الميزانية

١ - نفرض أن منسوب سطح الميزان في الوضع (١) = ١٥,٤٢ متراً وأن قراءة القامة عند السور = ١,٥٥ متر وارتفاع السور من المسمار حتى قمته = ٢,٧٤ متر.

∴ منسوب قمة السور = م.س.م - قراءة القامة + ارتفاع السور

= ١٥,٤٢ - ١,٥٥ + ٢,٧٤ = ١٦,٦١ م

٢- في الجانب الآخر من السور، نفرض أن ارتفاع السور من المسمار حتى نهايته = ٣,١٥ أمتار، قراءة المؤخرة عنده في الوضع (٢) للميزان = ١,٦٦ متر.

∴ م.س.م للوضع (٢) = منسوب قمة السور - ارتفاع السور + قراءة المؤخرة

= ١٦,٦١ - ٣,١٥ + ١,٦٦ = ١٥,١٢ متراً

٥- إعتراض واد عميق خط الميزانية:

عند إجراء ميزانية عبر واد عميق، أو عبر نهر متسع، فانه لايمكن وضع الميزان في منتصف المسافة بين المقدمة والمؤخرة. وفي هذه الحالة تتبع طرقاً خاصة في الرصد تسمى بالميزانية العكسية Reciprocal Levelling.

وهناك أكثر من طريقة لاجراء الميزانية العكسية نوردها فيما يلي:

(أ) باستعمال ميزان واحد:

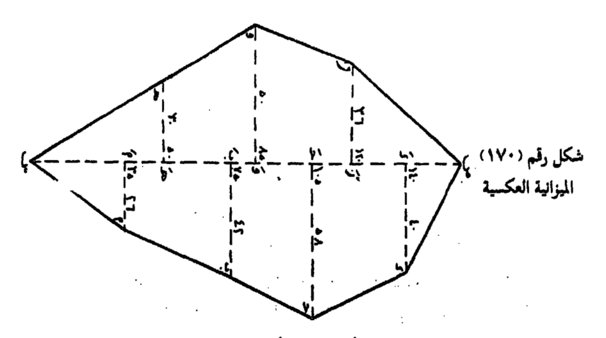
لايجاد الفرق بين منسوبي النقطتين أ، ب نجري الآتي:

١- نضع الميزان في نقطة مثل جـ على بعد مناسب قريباً من نقطة أ. ونأخذ قراءة القامة عند كل من نقطتي أ، ب ولتكن هاتين القراءتين أ ١، ب ١ شكل رقم (١٧٠).

٢- ننتقل بالميزان عبر العائق. ونثبت الجهاز في نقطة د، على بعد من ب يساوي المسافة جـ أ. ونرصد القراءات على القامتين في ب، أ ولتكن ب ٢، أ ٢.

٣- نأتي بالفرق بين القراءتين في كل حالة (وقد يتساوى الفرقان أو لايتساويا).

وللحصول على الفرق الحقيقي بين منسوبي أ، ب نستخدم المعادلة الآتية:



شكل رقم (١٧٠)
الميزانية العكسية

$$\text{الفرق الحقيقي بين منسوبي أ، ب} = \frac{(أ_١ - ب_١) + (أ٢ - ب٢)}{٢}$$

إلا أنه من عيوب هذه الطريقة أنها تتأثر بكروية الأرض خاصة اذا كانت المسافة بين القامتين كبيرة. فتأثير الكروية في مسافة كيلو متر واحد تساوى خمسة سنتيمترات وهذا مقدار كبير. كما أن الخطأ الناتج من تأثير الانكسار الضوئى، لسرعة تغيره لايمكن حسابه، فهو يتغير أثناء نقل الميزان عبر الـ... وبالتالى فان تأثيره أثناء وضعه فى نقطة جـ يختلف عن تأثيره أثناءوضعه فى نقطة د.

(ب) باستعمال ميزانين:

للتغلب على العيوب الناشئة من الطريقة السابقة. يوضع ميزان عند نقطة جـ، وآخر عند نقطة د. وتؤخذ القراءات على القامتين فى أ، ب فى آن واحد. ويحسب متوسط الفرقين كما سبق فى المعادلة.

وتمتاز هذه الطريقة بأن الرصد يتم فى آن واحد فى الجهتين وبذلك يتلاشى تأثير إنكسار الضوء لأنه سيكون واحداً فى الحالتين.

ولكن عيب هذه الطريقة، هو أنه من الجائز أن يكون بأحد الميزانين خطأ فى خط النظر، أو قد يكون بالجهازين خطأ ولكنه غير متساو. ولذلك فإن أخذ المتوسط لايضيع الخطأ.

(جـ) باستعمال ميزانين مع التكرار فى العمل:

للتوفيق بين مزايا الطريقتين السابقتين والتخلص من عيوبهما، نستعمل ميزانين للرصد فى آن واحد كما سبق فى الحالة الثانية، ثم يجرى تبادل مكانى

الميزانين ونرصد القامتين مرة أخرى فى آن واحد. فتكون القراءات فى المرة الأولى $أ_1$، $ب_1$، $أ_2$، $ب_2$ وفى المرة الثانية، بعد تبادل الأجهزة $أ_3$، $ب_3$، $أ_4$، $ب_4$.

ويكون الفرق الحقيقى بين منسوبى النقطتين =

$$\frac{(أ_1 - ب_1) + (أ_2 - ب_2) + (أ_3 - ب_3) + (أ_4 - ب_4)}{٤}$$

***

تشكيل القطاعات

يعتبر تشكيل القطاعات من أهم الأغراض التى تجرى من أجلها الميزانية. والقطاعات ذات أهمية عظمى وضرورية للجغرافى. فمنها يستطيع أن يتبين طبيعة سطح الأرض وشكل الانحدارات. وعن طريق القطاعات يمكن تقدير كميات الحفر والردم فى المشروعات الهندسية، وكذلك المساعدة فى تصميم الأعمال الهندسية كالكبارى والمبانى والسدود.

وتتلخص العملية فى الحصول على مناسيب متعددة على سطح الأرض، مأخوذة على محور المشروع، سواء كان مستقيماً أو منحنياً، ويكون معلوماً أيضاً المسافات بين النقط حتى يمكن بيانها عند توقيع القطاع ورسمه. وهذه العملية هى مانقوم بتنفيذه عند إجراء ميزانية طويلة مسلسلة. ومن المهم أن تؤخذ مناسيب النقط التى يتغير عندها شكل أو انحدار سطح الأرض كما فى الطرق والجسور، تؤخذ القراءات على مسافات متساوية تتراوح بين ٢٠ ، ٥٠ متراً. وتتوقف هذه المسافات بين مواضع القامة على شدة أو بساطة درجة انحدار الأرض. وتنقسم القطاعات إلى نوعين:

١- القطاعات الطولية:

وهى ماتؤخذ على طول محور المشروع كما فى حالة الطرق وخطوط السكك الحديدية وخطوط أنابيب المياه أو المجارى أو الكابلات الكهربائية أو التليفونية وغير ذلك. والغرض منها دراسة طبيعة سطح الأرض ومناسيب الأعمال الهندسية التى ستنفذ فى الموقع وحساب كميات الحفر أو الردم اللازمة فى حالة المشروعات الهندسية.

٢- القطاعات العرضية:

وتجرى فى الأراضى المتسعة، كما فى الخزانات والقناطر والموانى، حيث يكون القطاع العرضى كبيراً. فتعين اتجاهات القطاعات العرضية، عمودية على محاور الميزانية الطولية، بواسطة أجهزة إقامة الأعمدة كالمثلث المساح أو المنشور المرئى أو التيودوليت أو السكستان. ويجب أن يمتد القطاع العرضى يميناً ويساراً إلى مسافة أكبر من العرض المقترح للمشروع حتى تبين طبيعة سطح الأرض بصورة كاملة.

وعند تشكيل قطاع عرضى لنهر أو لترعة، توضع القامة على مواضع نقط تغير إنحدارات سطح الأرض، ويشد شريطاً بين وتدين على جانبى النهر. وعند الوصول إلى سطح الماء توضع قامة صفرها على سطح الماء وتقرأ قراءتها وبذلك يعرف منسوب سطح الماء. ويمكن معرفة مناسيب قاع النهر بعمل «جسات» أى إيجاد إنخفاض كل نقطة على خط الميزانية العرضية عن سطح الماء بواسطة قراءة القامة عند سطح الماء مباشرة، وطرح العمق من منسوب سطح الماء السابق حسابه. ونعين مسافات الجسات من نقطة البداية حتى يمكن توقيعها عند رسم القطاع العرضى. هذا إذا كان قاع النهر ضحلاً أما فى الأعماق الكبيرة والأنهار العريضة، فيستخدم قارب يدلى منه جنزير بنهايته ثقل (يسمى إسكنديل) وتقرأ قراءة الجنزير على سطح الماء عندما يشعر الراصد الذى يستخدمه بوصول الثقل إلى القاع.

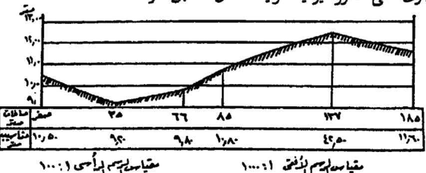
رسم القطاع:

يستعمل فى رسم القطاعات ورق المربعات المقسم إلى سنتيمترات وملليمترات، حتى يمكن تفادى كثرة إستعمال القياس بالمسطرة والمثلث فى توقيع الأبعاد الأفقية والرأسية، وتوفير الوقت والجهد فى حالة إستخدام الورق الأبيض. ونتبع مايلى:

١- يرسم خطا أفقياً يمثل مستوى المقارنة، وهو إما أن يكون صفراً أى متوسط سطح البحر، أو يكون أقل قليلاً من أقل منسوب فى جدول الميزانية، بحيث يكون رقماً صحيحاً. ويكون طول هذا الخط مساوياً لطول المسافة بين أول نقطة وآخر نقطة فى جدول الميزانية طبقاً لمقياس الرسم. وكلما زاد طول محور الميزانية كلما صغر مقياس الرسم الأفقى المنتخب.

٢- يقام عمودين عند نهايتى هذا الخط الأفقى، مقسمان إلى أقسام متساوية طبقاً لمقياس الرسم الرأسى، وعادة مايكون ١ : ١٠٠ أو ١ :٥٠ ويلاحظ أن مقياس الرسم الرأسى عادة مايكون كبيراً. حتى يمكن بيان التغيرات الموجودة فى سطح الأرض بشكل واضح ولو أن هذا الأمر يجعل الانحدارات تبدو حادة ومبالغاً فيها. إلا أن هذه المبالغة فى تكبير المقياس الرأسى تساعد كثيراً فى توقيع المناسيب بدقة، بالإضافة إلى إظهار العلاقة بين المناسيب الفعلية لسطح الأرض والمناسيب المقترحة المشروع.

وعموماً تتوقف درجة التفاوت بين المقياسين الأفقى والرأسى على طبيعة الأرض، فالأراضى الوعرة لا تحتاج إلى درجة من المبالغة مثل ما تحتاجه أرض تكاد تكون مستوية السطح. وعندما يكون المطلوب بيان المناسيب بدرجة كبيرة من الدقة، يلزم الأمر زيادة المقياس الرأسى. والشكل رقم (١٧١) يوضح قطاعاً طولياً أجرى على محور ميزانية طولية للمثال السابق شرحه.



شكل رقم (١٧١) قطاع طولى على محور ميزانية طولية

ولرسم القطاعات العرضية، يتبع نفس الطريقة السابق شرحها فى رسم القطاعات الطولية، مع مراعاة أن الأبعاد الأفقية والرأسية توقع بمقياس رسم واحد، حتى يمكن بيان وتوقيع وقياس التصميمات المقترحة بدقة وسهولة. وغالباً ما يكون مقياس الرسم أفقياً ورأسياً ١ : ١٠٠ (بعكس الحال فى القطاعات الطولية). وترتب القطاعات العرضية تحت بعضها- اذا كانت أكثر من قطاع على محور الميزانية الطولية- بحيث يجمعها محور طولى إن أمكن، ويراعى أن يكون مستوى المقارنة فى جميع القطاعات واحداً والشكل رقم (١٧٢) يوضح مثالاً لقطاع عرضى أجرى على محور ميزانية عرضية لترعة.

شكل رقم (١٧٢) قطاع عرضى

الفصل التاسع

الميزانية الشبكية وتقدير الكميات

تهدف الميزانية الشبكية إلى تحديد مناسيب مجموعة من النقط، يمكن عن طريقها رسم خرائط تبين شكل سطح الأرض من مرتفعات ومنخفضات. ومن واقع مناسيب هذه النقط يمكن رسم خطوط تتساوى فى منسوبها يطلق عليها خطوط الكنتور، والتى تعتبر من أفضل الطرق لتمثيل سطح الأرض من إرتفعات وإنخفاضات على الخرائط. وهذا النوع من الميزانية ماهو إلا عدة عمليات متتابعة لميزانيات مسلسلة أو مركبة.

وتختلف طريقة تنفيذ الميزانية الشبكية كما سبق أن ذكرنا[1]. باختلاف شكل سطح الأرض ومدى تباينه وتضرسه وأيضا حسب الدقة المطلوبة للخريطة وهذه الطرق هى:

١-طريقة المربعات أو المستطيلات

٢- طريقة الاشعاع

٣- الطريقة المباشرة

٤- طريقة النقط المبعثرة أو المتفرقة

٥- طريقة خط السير

٦- طريقة القطاعات الطولية والعرضية

(١) طريقة المربعات أو المستطيلات

تعتبر هذه الطريقة من أحسن الطرق التى تصلح فى الأراضى والمناطق المكشوفة المستوية تقريباً والتى لاتختلف فيها مناسيب الأرض كثيراً وفى الأراضى المحدودة المساحة كقطع الأراضى الزراعية. وتنفذ هذه الطريقة باستعمال الميزان.

---

(١) أنظر ص ص ٣٢٨ - ٣٢٩

خطوط العمل:

١- إذا كانت حدود أرض المنطقة لم ترسم على الخريطة فأول خطوة هى عمل مضلع حولها وتحديد أركان المنطقة.

٢- تتلخص طريقة الميزانية الشبكية فى تغطية المنطقة بشبكة من المربعات أو المستطيلات المتساوية التى تشكل بعمل خطوط طولية وعرضية متوازية ثم إيجاد مناسيب الأركان شكل (١٧٣) كمايلى:

٣- نأخذ خطاً مثل أ ب قريباً من حدود المنطقة أو موازياً لأطول حد من حدود المنطقة ونقسمه إلى أجزاء متساوية (تتراوح بين ١٠ ، ٣٠ متراً) حسب الدقة المطلوبة وطبيعة الأرض، ويثبت فى نقط التقسيم أوتاداً أو أى علامات (مثل الشوك). نرسم كروكى فى الورقة ونرقم هذه النقط جـ. د. هـ ... الخ.

٤- نقيم أعمدة من نقط التقسيم بالمثلث المساح أو المنشور المرئى أو أى طريقة أخرى حسب اتساع المنطقة ونسمى الصفوف الأفقية بأرقام ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ .. كما فى الشكل، وبذا فان أى نقطة يمكن تسميتها بحرف ورقم جـ ٤ ، هـ٣ ، د ٢ ... الخ. ومن ثم يمكن عمل جدول الميزانية باسم الصف والعمود، فمثلاً نكتب فى خانة الملاحظات عمود (ب) وفى خانة المسافات أمام النقط المختلفة ١ ، ٢ ، ٣ ، وبذا يمكن بعد حساب المناسيب توقيعها على الرسم بسهولة وبدون خلط بين النقط.

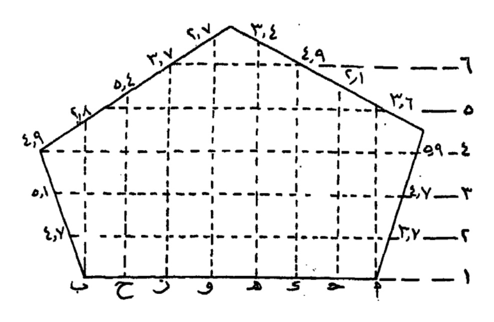
٥- نضع الميزان فى موضع ملائم ونسلسل ميزانية من أقرب روبير حتى المنطقة إذا أردنا إيجاد المناسيب بالنسبة لسطح البحر. أما اذا أردنا إيجاد الارتفاعات النسبية بين النقط فيمكن إختيار أى نقطة ثابتة ونفرض لها منسوباً.

٦- نضع الميزان فى مكان يرى أكبر عدد من نقط أركان المربعات والمستطيلات ونبدأ برصد مؤخرة على النقطة ذات المنسوب المعروف (أو المفروض) ونعين منسوب سطح الميزان.

٧- توضع القامة عند كل ركن من أركان الشبكة وترصد قراءاتها ويتم حساب منسوبها بطرح كل قراءة من منسوب سطح الميزان وندونه مباشرة على الكروكى بدون عمل جدول ميزانية.

٨- من الطبيعى أنه قد لاتنطبق حدود المنطقة على حدود المربعات أو المستطيلات فى كثير من الحالات ولذا يجب أن نأتى بمناسيب الأرض عند نقط على الحدود كما فى الشكل رقم (١٧٣) حتى يمكن مد الخطوط الكنتورية حتى هذه الحدود.

٩- تعين خطوط الكنتور حسب الفترة الكنتورية المطلوبة كما سنذكر فيما بعد.



شكل رقم (١٧٣)

(٢) طريقة الاشعاع

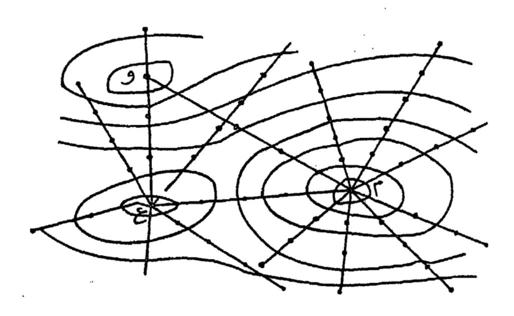
تستخدم هذه الطريقة فى المناطق التلية أو المرتفعة التى لاتمتد إمتداداً كبيراً. ويستخدم فى هذه الطريقة ميزان مزود ببوصلة كما يمكن تنفيذها باستخدام اللوحة المستوية.

خطوات العمل:

تعمل للمنطقة ميزانية على طول خطوط إشعاعية من أعلى نقطة تقريباً (م) شكل (١٧٤) وتتقارب أو تتباعد الخطوط الاشعاعية أى تصغر أو تكبر الزوايا بينها حسب طبيعة الأرض. نأخذ مناسيب الأرض فى كل إتجاه عند النقط التى تتغير فيها طبيعة الأرض كما هو مبين بالنقط فى الشكل.

وتستخدم البوصلة لتعيين إنحراف كل قطاع أو قد يكون الميزان مزوداً بقرص أفقي لقياس الزوايا. وتقاس الزوايا بالنسبة لاتجاه ثابت نختاره يسمى إتجاه الاسناد ونعين الزوايا بين القطاعات المختلفة والاتجاه الثابت. كما قد تستعمل البلانشطية مع قياس المسافات الأفقية تاكيو مترياً عن طريق شعرات الاستاديا الموجودة في المنظار.

قد يستدعي الأمر نقل الجهاز إلى أكثر من مكان فيستحسن ربط هذه النقط بمضلع حتى يمكن توقيع هذه النقط أولا ثم توقيع خطوط الأشعة المتفرعة من كل نقطة رئيسية حسب إنحرافاتها أو زواياها. ويتم العمل على النحو التالي.



شكل رقم (١٧٤) طريقة الاشعاع

١- نضع البلانشيطة فوق إحدى نقط المضلع م شكل (١٧٤) وتضبط أفقيتها، وترفع النقطة م من الطبيعة إلى م ١ على لوحة البلانشطية بواسطة شوكة الاسقاط.

٢- نوجه اليداد إلى النقطة التالية لنقطة م (ع مثلاً) وترصد النقطة ع ويرسم الشعاع (م ع) وتوقع عليه النقطة ع١. كذلك ترصد من النقطة السابقة م في الترافيرس (و مثلاً) ويرسم الشعاع (م و) ويوقع عليه النقطة و١.

ويحسن توجيه أشعة إلى أكثر من نقطة من نقط المضلع كلما أمكن ذلك.

٣- نختار إتجاه ثابت وليكن الاتجاه م ع أو م و، ونعين منه اتجاه خطوط إشعاعية صادرة من النقطة م١ تتقارب أو تتباعد أى تصغر أو تكبر الزوايا بينها حسب طبيعة الأرض.

٤- نضع حافة الأليداد منطبقة على الشعاع الأول، ونأخذ مناسيب سطح الأرض عند نقط تغير الانحدار على طول إتجاه هذا الشعاع. والأرصاد اللازمة لتحديد موقع القامة ومنسوب الأرض تحتها هى:

قراءة الشعرات العليا والوسطى والسفلى على القامة، والزاوية الرأسية سواء كانت زاوية إرتفاع أو إنخفاض.

٥- يحدد موقع القامة المرصودة بقياس المسافة الأفقية بينها وبين موقع الجهاز، وذلك كالآتى:

* إذا كان منظار الاليداد أفقيا تماما فان المسافة الأفقية = الفرق بين قراءة الشعرتين العليا والسفلى × الثابت التاكيومترى للأليداد (١٠٠).

* إذا صنع المنظار زاوية تميل إلى أعلى أو إلى أسفل فان المسافة الأفقية = الفرق بين قراءة الشعرتين العليا والسفلى × الثابت التاكيومترى (١٠٠) × جتا٢ هذه الزاوية.

٦-يحدد منسوب القامة المرصودة كالآتى:

(أ) اذا كان المنظار أفقياً تماماً، فنوجد المنسوب كما نوجده فى الميزانية العادية تماماً بقراءة الشعرة الوسطى على القامة.

أى منسوب نقطة القامة = منسوب النقطة التى عليها اللوحة المستوية + ارتفاع محور الأليداد عن النقطة - قراءة الشعرة الوسطى على القامة.

(ب) اذا كان المنظار مائلاً بزاوية رأسية فنوجد فرق المنسوب أولاً (يرمز له عادة بالرمز ص).

ص = الفرق بين الشعرتين العليا والسفلى × الثابت التاكيومترى × نصف جا ضعف الزاوية الرأسية

ويمكن صياغة المعادلة: ص = ١/٢ هـ × ث × جا ٢ ن

حيث ن هي زاوية إرتفاع أو إنخفاض الاليداد ويحسب المنسوب بعد ذلك كالآتي:

المنسوب فى حالة زاوية الارتفاع = منسوب اللوحة المستوية + ارتفاع الجهاز + ص - قراءة الشعرة الوسطى

المنسوب فى حالة زاوية الانخفاض = منسوب اللوحة المستوية + ارتفاع الجهاز - ص - قراءة الشعرة الوسطى.

٧- يكون جدول تسجيل الأرصاد كالآتي:

النقطة	قراءة الشعرات			الفرق بين العليا والسفلى	الزاوية الرأسية	المسافة الأفقية	فرق المنسوب (ص)	المنسوب	ملاحظات
	العليا	الوسطى	السفلى						

٨- يكرر العمل بنفس الطريقة على باقى الأشعة حتى الانتهاء من العمل فوق النقطة م. ثم ننتقل لباقى نقط المضلع ويكرر العمل فوق كل نقطة ترفع النقطة من الطبيعة إلى اللوحة وترصد وتوقع النقطتان المجاورتان لها السابقة واللاحقة، ثم تعين إتجاه الخطوط، وترصد مواقع ومناسيب نقط تغير إنحدار سطح الأرض على طول كل شعاع وتوقع هذه النقط وبجانبها يسجل مناسيبها.

٩- نبدأ فى تعيين خطوط الكنتور حسب الفترة الكنتورية المطلوبة.

(٣) الطريقة المباشرة

وتستخدم هذه الطريقة فى بعض الأحيان، ويحسن إستخدام اللوحة المستوية فى تنفيذها لأنها أسرع وأكثر ملاءمة.

خطوات العمل:

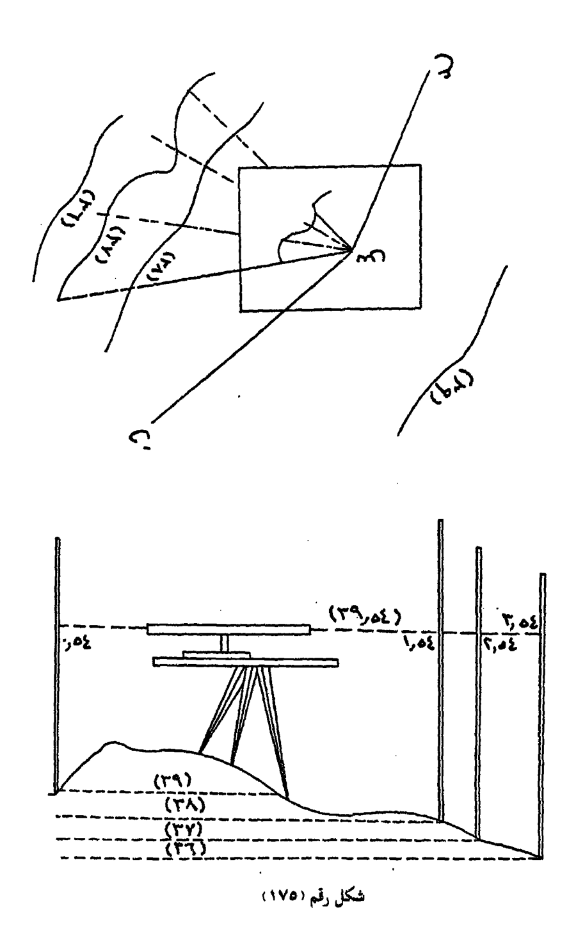
١- يشكل مضلع للمنطقة بحيث يمكن رؤيتها من رؤوسه ويرفع ثم يصحح ويوقع على لوحة.

٢- نضع البلانشطية فوق إحدى نقط المضلع مثل س ونوجه أساسياً على نقطتين على الأقل مثل ع، ن شكل رقم (١٧٥). نحسب منسوب سطح الميزان بالرصد على نقطة معلومة أو إذا كان منسوب س معلوماً نقيس إرتفاع خط النظر عن النقطة س فى الطبيعة (خط نظر الأليداد)، ليكن إرتفاع خط النظر ١,٤٤ متراً عن النقطة س فى الطبيعة فيكون منسوب خط نظر الأليداد = ٣٨,١ + ١,٤٤ = ٣٩,٥٤ متراً.

٣- نطلب من حامل القامة التحرك على النقط المختلفة فى الأرض حتى نقرأ ٠,٥٤ على القامة فيكون منسوب النقطة الموضوع فوقها القامة (٣٩,٠ متراً) فتوقع النقطة بالأليداد بقياس المسافة إليها. نستمر فى التحرك بالقامة ونوقع كما سبق كل نقطة القراءة عليها ٠,٥٤ وبتوصيل هذه النقط نحصل على خط كنتور (٣٩,٠ متراً).

٤- اذا أردنا تعيين خط كنتور (٣٨,٠ متراً) فنتبع نفس الطريقة مع أخذ النقط التى عليها القراءة ١,٥٤ متر وهكذا بالنسبة لباقى خطوط الكنتور. ننتقل إلى نقط المضلع الأخرى ونعيد العمل فنحصل أخيراً على مجموعة خطوط الكنتور، والشكل رقم (١٧٥) يبين موضع اللوحة للتعيين المباشر.

اذا أردنا تعيين كنتور (٣٥,٠ متراً) من س فالقراءة اللازمة يجب أن تكون ٤,٥٤ متراً وهذه أكبر من طول القامة، أو اذا أردنا تعيين كنتور (٤٠,٠ متراً) فلايمكننا ذلك لأن خط النظر يكون أوطى من سطح الأرض نفسها. وفى هاتين الحالتين يجب الانتقال إلى نقطة أخرى.



شكل رقم (١٧٥)

وهذه الطريقة ليست من السهولة بمكان إذ تحتاج إلى كثير من الجهد، وهي جيدة في الأراضي المستوية تقريباً. وإذا كانت الفترة الكنتورية كبيرة (حوالي مترين) فإنها تصبح مملة ومرهقة خاصة اذا كان حامل القامة ليس لديه الخبرة والدراية الكافية باختيار النقط الصحيحة فيجري محاولات كثيرة قبل أن يتمكن الراصد من الحصول على نقط الكنتور اللازمة.

(٤) طريقة النقط المتفرقة

وتشبه إلى حد ما طريقة الاشعاع.. وتستخدم في جميع أنواع الأراضي وخاصة المناطق التي تختلف فيها مناسيب الأرض كثيراً، ويتم تنفيذ هذه الطريقة باستخدام اللوحة المستوية.

خطوات العمل:

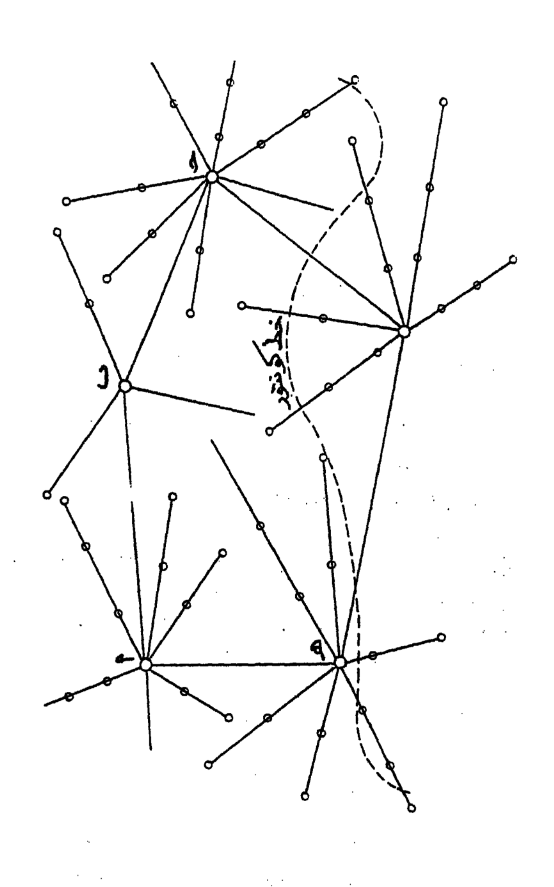
١- نشكل مضلع المنطقة بحيث يمكن رؤية جميع نقط المنطقة منها.

٢- نرفع المضلع ونصححه ونوقعه على اللوحة. نضع البلانشطية فوق إحدى نقط المضلع ولتكن (أ) شكل (١٧٦) ونوجهها أساسياً على نقط المضلع الأخرى.

٣- نوجه إلى النقط التي يتغير فيها منسوب الأرض ونوقعها بقياس المسافات اليها بالشريط أو عن طريق الفرق بين شعرتي الاستاديا العليا والسفلى، ثم نعين منسوب كل من هذه النقط بتعيين منسوب سطح الجهاز ويطرح منها القراءة الوسطى على القامة في حالة ما اذا كان الاليداد أفقياً، أما اذا كان المنظار يميل إلى أعلى أو إلى أسفل فتستخدم القوانين السابقة.

٤- بعد أخذ جميع نقط تغير سطح الأرض، ننتقل إلى (ب) النقطة التالية من نقط المضلع ونوجه الجهاز توجيهاً أساسياً ثم نكرر ماسبق عمله في النقطة (أ). ننتقل من نقطة المضلع إلى أخرى حتى تنتهي جميع النقط، بذلك نحصل على مجموعة من النقط المتفرقة المعلومة المناسيب والتي تحدد أيضاً نقط تغير سطح الأرض.

٥- نبدأ في تعيين خطوط الكنتوز من واقع مناسيب هذه النقط.



شكل رقم (١٧٦) طريقة النقط المتفرقة

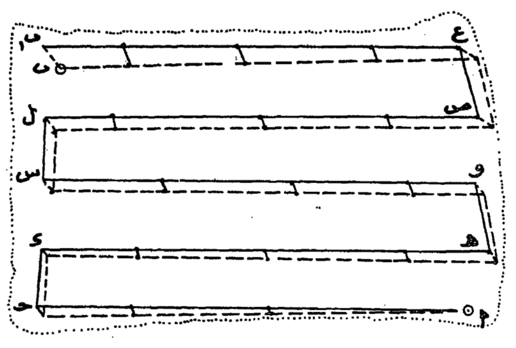
(٥) طريقة خط السير

وتستخدم هذه الطريقة في المناطق التي تكثر فيها المباني التي تعوق الرؤية، وتنفذ باستخدام ميزان مزود ببوصلة حتى يمكن توقيع إنحرافات الخطوط.

خطوات العمل:

١- نفرض أننا نريد خريطة كنتورية للمنطقة المبنية في شكل (١٧٧) فتعين نقطة مثل (أ) معلومة في الطبيعة والخريطة لنبدأ منها وكذلك نقطة مثل (ب) لننتهي عندها وتكون معلومة أيضاً في الطبيعة والخريطة. قد تكون هذه النقط نقط مضلع أو حدائد مصلحة المساحة مثلاً أو موجودة في الطبيعة ونوقعها في الخريطة.

٢- نضع الميزان فوق (أ) ونعين منسوب سطح الميزان ونأخذ إتجاها يفضل أن يكون موازيا لحدود الأرض تقريبا مثل أ جـ، ونعين انحرافه وليكن ٨٨° مثلاً. نأخذ على هذا الاتجاه النقط التي يتغير فيها منسوب الأرض. وإذا كان الخط طويلاً ننتقل على نفس الخط ونأخذ نفس الانحراف ونكمل الخط.

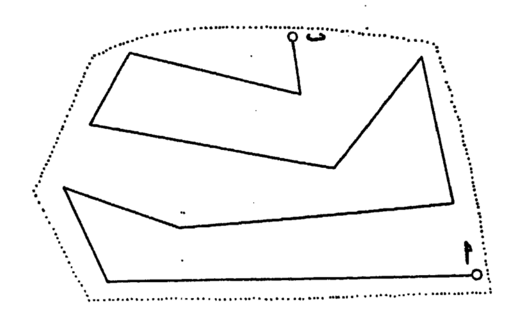


شكل رقم (١٧٧) (الخطوط المتقطعة تبين مكان الخطوط بعد التصحيح)

٣- ننتقل إلى نهاية الخط (حـ) ونعين إتجاه مثل حـ د بطول مناسب حسب طبيعة الأرض ونعين إنحراف جـ د. ننتقل إلى (د) ونعين إتجاه خط مثل د هـ موازياً جـ أ، أى ٢٦٨° . وهكذا نستمر من خط إلى آخر بنفس الطريقة مع أخذ النقط التي يتغير فيها سطح الأرض مع تعيين مسافات النقط حتى يمكن توقعيها بعد ذلك، حتى نصل أخيراً إلى نقطة ب المعلومة ويفضل لو كانت معلومة المنسوب. نوزع الخطأ حسب المسافة لو كان هذا الخطأ مسموحاً به في المنسوب.

٤- نبدأ بتوقيع النقط ومناسيبها فيجب عند وصولنا إلى ب ١ (الموقعة على الخريطة) ألا يتجاوز خطأ القفل ب ب١ واحداً فى المائة من مجموع أطوال الخطوط. يصحح خطأ القفل بنفس الطريقة التى سبق أن ذكرناها، ثم ترسم خطوط الكنتور.

٥- يمكن السير فى أى إتجاهات بالبوصلة وليس من الضرورى أن تكون متوازية اذا استدعت طبيعة الأرض ذلك كما فى شكل رقم (١٧٨). ويجرى تصحيح خطأ القفل كما فى الحالة السابقة.



شكل رقم (١٧٨)

(٦) طريقة القطاعات الطولية والعرضية

تطبق غالباً في المساحات اللازمة للمشروعات في شريط مستطيل من الأرض، وفي الأعمال التمهيدية كما في مشروعات الطرق والسكك الحديدية والترع.

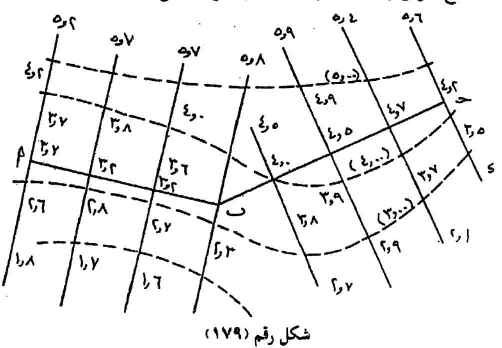
خطوات العمل:

١ - تجرى الميزانية بعمل قطاعات طولية وعرضية كما سبق دراسته في الفصل السابق.

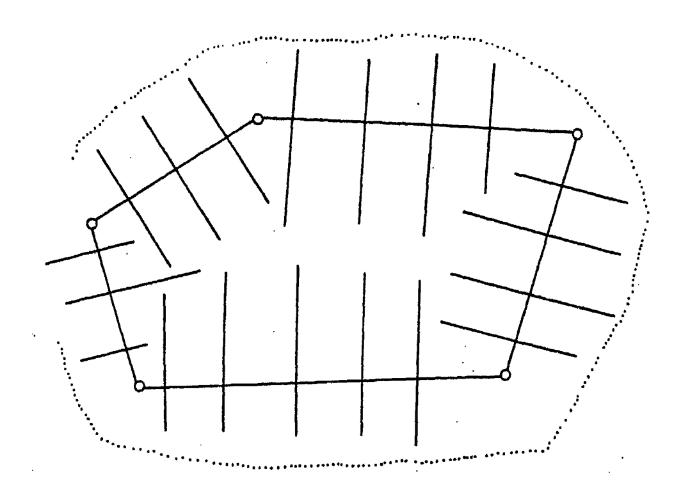
٢ - يرسم محور المشروع والقطاعات العرضية بمقياس الرسم المطلوب ثم تكتب مناسيب النقط عليها.

٣ - من واقع المناسيب نعين خطوط الكنتور. وشكل رقم (١٧٩) يبين محور المشروع أ ب جـ والقطاعات المبينة من واقع دفتر الميزانية وخطوط الكنتور بعد توقيعها.

٤ - اذا كانت المنطقة متسعة فيمكن عمل ترافيرس بها لرفعها ثم تؤخذ قطاعات عرضية على أبعاد مناسبة على كل خط من خطوط الترافيرس كما في شكل (١٨٠) وتحدد المناسيب على كل قطاع عرضي بالميزان عند كل تغير في سطح الأرض والقطاعات تؤخذ كما هو مبين بالشكل.



شكل رقم (١٧٩)



شكل رقم (١٨٠) طريقة القطاعات

طرق رسم خطوط الكنتور

تعتبر اللوحة الموقع عليها نقط المناسيب المرحلة الأولى لانشاء خطوط الكنتور، إذ يتم توصيل النقط متساوية المنسوب بخط منحنى هو خط كنتور يطلق عليه قيمة منسوب هذه النقط التى يربط بينها. ولايشترط دائماً أن نجد نقط ذات منسوب يتفق مع خط الكنتو المراد إنشاؤه، فنقط المناسيب تتحدد كثافتها من حيث الكثرة أو القلة حسب إمكانيات المساح الذى يحدد هذه النقط على الطبيعة، بينما ترسم خطوط الكنتور حسب الغرض المراد من إنشاء الخريطة. فاذا أردنا رسم خط كنتور لايتفق منسوبه مع نقط المناسيب المسجلة على الخريطة، أو بمعنى آخر أن نقط المناسيب المتفقة معه فى المنسوب غير كافية لانشائه. نتبع

إحدى الطرق الآتية بشرط أن نضع فى الاعتبار أن أساس إيجاد وتحديد خطوط الكنتور هو إعتبار سطح الأرض منتظم الانحدار بين كل نقطتين متجاورتين، أى أن القطاع بين كل نقطتين متجاورتين عبارة عن خط مستقيم.

١- الطريقة الحسابية:

هذه الطريقة وإن كانت طويلة ومملة إلا أنها تناسب الأراضى التى تقل فيها حدة التضاريس بصورة كبيرة. وأساسها هو التقسيم التناسبى بالحساب. ولتوضيح ذلك، نفرض أنه يراد تعيين مواقع خطوط الكنتور ٤٥، ٥٠، ٥٥ متراً فى المسافة المحصورة بين نقطتين منسوب كل منهما ٤٤، ٥٦م. نصل بين هاتين النقطتين بخط مستقيم، ونعين طوله على الطبيعة بواسطة مقياس الرسم. فاذا كان طوله على الخريطة ٩,٦ سم وكان مقياس رسم الخريطة هو ١ : ١٠٠٠ مثلاً، فان طوله على الطبيعة = ٩٦ متراً. ثم نعين فرق المنسوب بين النقطتين ٥٦ - ٤٤ = ١٢ متر. ويصير تعيين مواقع خطوط الكنتور المطلوبة كالآتى:

١٢ متر فرق منسوب تقابل ٩٦ متر مسافة أفقية على الطبيعة

١ متر فرق منسوب تقابل س متر مسافة أفقية على الطبيعة

∴ س = $\frac{١ \times ٩٦}{١٢}$ = ٨ أمتار

أى أن خط كنتور ٤٥ يقع على بعد ٨ أمتار من نقطة منسوب ٤٤.

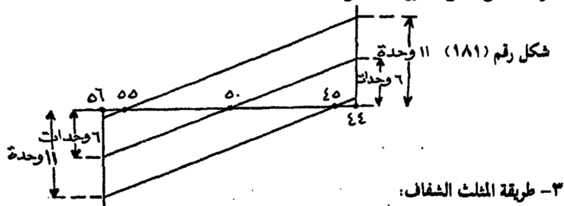
وخط كنتور ٥٠ متر يقع على بعد $\frac{٦ \times ٩٦}{١٢}$ = ٤٨ مترا

وخط كنتور ٥٥ متر يقع على بعد $\frac{١١ \times ٩٦}{١٢}$ = ٨٨ مترا

٢- طريقة النسبة والتناسب بالرسم:

فى المثال السابق لدينا منطقة محصورة بين منسوبى ٤٤، ٥٦ متراً، ويراد توقيع خطوط كنتور ٤٥، ٥٥، ٦٠ . وباعتبار أن الانحدار منتظماً على سطح الأرض بين هاتين النقطتين، فيمكن معرفة مواقع نقط خطوط الكنتور المطلوبة

على أساس. أن خط كنتور ٤٥ يرتفع عن نقطة ٤٤ بمقدار ١ م وينخفض عن نقطة ٥٦ بمقدار ١١م. نرسم عموداً على الخط الواصل بين النقطتين عند نقطة ٤٤ طوله وحدة واحدة ولتكن ١ سم أو ١م أو ٢ م مثلاً، ونرسم عموداً آخر عند نقطة ٥٦ طوله ١١ من نفس الوحدات السابق إستعمالها في العمود السابق ولكن في الجهة العكسية. نصل بين طرفي العمودين بخط يتقاطع مع الخط الواصل بين ٤٤، ٥٦ في نقطة هي موقع كنتور ٤٥. وكذلك كنتور ٥٠ يرتفع عن ٤٤ بمقدار٦ م نمثلهم بعمود طوله ٦ وحدات طولية، وينخفض عن ٥٦ بمقدار ٦ م نمثلهم بعمود في الجهة العكسية طوله ٦ وحدات أيضاً وبتوصيل طرفي العمودين بخط يتقاطع مع الخط الآخر في نقطة هي موقع كنتور ٥٠. وبنفس الطريقة يمكن تعيين كنتور ٥٥ شكل (١٨١).



شكل رقم (١٨١)

٣- طريقة المثلث الشفاف:

تعتبر هذه الطريقة من الطرق السريعة المستعملة كثيراً وتتلخص فيما يلي:

(أ) احضر ورقة، وارسم عليها خط وليكن أ ب بطول مناسب وليكن ٢٠ سم وقسمه إلى قسمين متساويين وفي نقطة المنتصف يقام عمود بأي طول وليكن ٢٥ سم. نصل نهايته بكل من أ، ب.

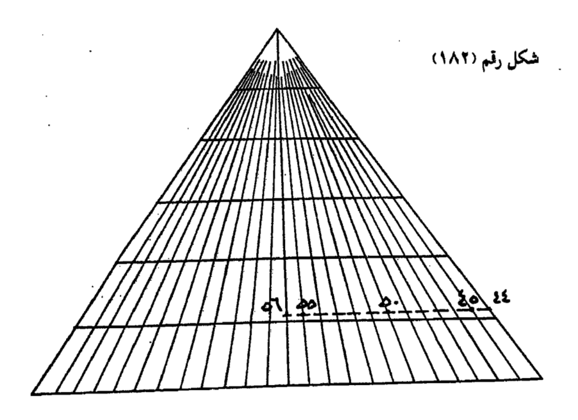
(ب) قسم الخط أ ب إلى أقسام متساوية وليكن طول كل منها ١ سم. وصل نقط التقسيم هذه بطرف العمود أيضاً. مع ملاحظة قطع الخطوط قرب قمة العمود حتى لاتتلاحم وتنطمس.

(جـ) قسم العمود إلى ٥ أقسام وأرسم من نقط التقسيم خطوط أفقية توازي الخط أ ب.

(د) لتعيين موقع خط ٤٥ مثلاً (في المثال السابق) ضع الورقة الشفافة على لوحة

المناسيب وأجعل الخط الواصل بين نقطتى المنسوب ٤٤، ٥٦ يوازى أ ب أو أى خط أفقى آخر، ونحرك الشفافة إلى أعلى أو أسفل مع الاحتفاظ بالتوازى حتى يأتى وضع ينطبق فيه نقطتى المنسوب ٤٤، ٥٦ على شعاعين الفرق بينهما ١٢ قسماً. وبهذا يكون الخط بين نقطتى المنسوب مقسماً إلى ١٢ قسماً متساوياً هو مقدار فرق المنسوب. فعلى بعد قسم واحد يقع كنتور ٤٥ وعلى بعد ٦ أقسام يقع منسوب ٥٠ وعلى بعد ١١ قسماً يقع منسوب ٥٥. وباستعمال دبوس إبرة يجرى تعيين هذه النقط شكل (١٨٢).

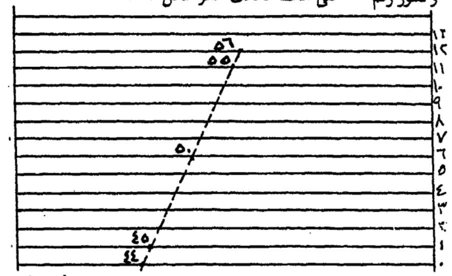
شكل رقم (١٨٢)



٤- طريقة الخطوط المتوازية:

يرسم على ورقة شفاف خطوط متوازية بطول مناسب وعلى مسافات متساوية، وترقم من أسفل بدءاً من الصفر. ولتعيين مواقع خطوط كنتور ٤٥، ٥٠، ٥٥ نضع الخط الأفقى السفلى المرقم برقم صفر على نقطة منسوب ٤٤. ندير ورقة الشفاف حتى تقع نقطة منسوب ٥٦ على الخط الثانى عشر من الخطوط الأفقية.

يكون موقع خط كنتور ٤٥ على الخط رقم ١ وكنتور ٥٠ على الخط رقم ٦ ، وكنتور رقم ٥٥ على الخط الحادى عشر شكل (١٨٣).



شكل رقم (١٨٣)

٥- طريقة المثلث والمسطرة:

يستعمل مثلث صغير قائم الزاوية ومسطرة بالطريقة الآتية:

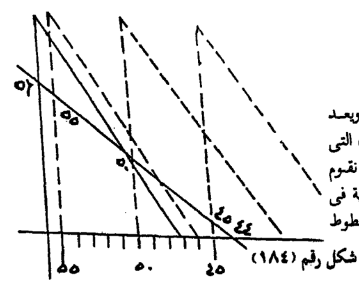
(أ) نضع حافة المسطرة على الخط الواصل بين ٤٤ ، ٥٦ بحيث يقع تدريج ٤٤ سم على المسطرة مماسة لنقطة منسوب ٤٤ ، ورأس القائمة بالمثلث عند تدريج ٥٦ سم على المسطرة.

(ب) حرك المسطرة والمثلث على هذا الوضع حتى تقع نقطة منسوب ٥٦ مماسة لضلع المثلث القائم بشرط المحافظة على تماس تدريج ٤٤ على المسطرة بنقطة منسوب ٤٤ .

(جـ) ثبت المسطرة وحرك المثلث على حافتها حتى تقع رأس المثلث القائمة على تدريج ٤٥ سم فنرسم خطاً على حافة المثلث ليقطع الخط الواصل بين ٤٤ ، ٥٦ فى نقطة هى منسوب ٤٥ . وهكذا يجرى تعيين منسوب (كنتور) ٥٠ ، ٥٥ م.

(د) يمكن التصرف فى الأحوال التى يكون فيها فرق المنسوب أكبر من سعة المسطرة. فمثلاً لايمكن إستخدام مسطرة يصل تدريجها إلى ٤٤ أو ٥٦ سم، وفى هذه الحالة يمكن استعمال التدريج صفر، ١٢ سم على المسطرة. أى الفرق بين المنسوبين وهذه الطريقة من أدق وأسرع الطرق المستعملة شكل رقم (١٨٤).

(هـ) فى كل الطرق السابقة، وبعد ايجاد مواقع نقط المناسيب التى ستمر بها خطوط الكنتور نقوم بتوصيل النقط المتساوية فى منسوبها بخطوط هى خطوط الكنتور المطلوبة.



شكل رقم (١٨٤)

حساب كميات الحفر والردم

أولاً: كميات الحفر والردم من القطاعات:

١- من القطاعات الطولية:

تعتبر القطاعات الطولية من المعلومات الضرورية لدراسة كميات الحفر والردم فى كثير من المشروعات، خصوصاً تلك التى لاتحتاج إلا لعرض محدود مثل وضع ماسورة مياه أو صرف صحي أو مد أسلاك خطوط التليفون وأنابيب الغاز، حيث يمكن إعتبار مناسيب خط محور القطاع ممثلة لمناسيب القطاع العرضى للأرض. فان حساب المكعبات فى مثل هذه الحالات يمكن إعدادها من قطاع طولى فقط على محور المشروع،إما على مسافات متساوية إذا كانت الأرض منتظمة الانحدار، أو عند نقط التغيير فى الانحدار. ثم يرسم القطاع الطولى فى إتجاه المشروع بمقياس رسم مناسب على لوحة ملليمترية، وبعد رسم القطاع يوقع عليه خط الانشاء المقترح بنفس مقياس الرسم مع بيان منسوبه عند البداية والنهاية وعند النقط التى يتغير عندها الانحدار، إذ قد يكون خط الانشاء له إنحدارات مختلفة لأغراض فنية أو اقتصادية. وسواء كان محور المشروع خطاً مستقيماً أو منكسراً أو منحنياً، فاننا نعالجه كما لو كان فى إتجاه مستقيم. والمثال التالى يوضح كيفية حساب كميات الأتربة الناتجة عن الحفر أو الردم.

أخذت المناسيب والمسافات الآتية فى ميزانية على محور طريق مكون من خطين (أ ب، ب جـ) يصنعان بينهما زاوية قدرها ١٢٠° لوضع ماسورة مياه تصل بين أ، جـ. فاذا كان قطر الماسورة ٧٥ سم والحفر يزيد بمقدار ٢٥ سم

على كل من جانبى الماسورة، وارتفاع الحفر عند أ = ١,٧٠ م وانحدار الماسورة ١ : ٢٠٠ إلى أسفل فى المسافة من أ إلى ب و ١ : ١٠٠ إلى أسفل من ب إلى جـ.

المسافة (م)	صفر	١٠	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠ (ب)	٦٠	٧٠(جـ)
المنسوب (م)	٧,٣	٧,٩	٦,٧	٥,٨	٦,٦	٧,٢	٦,٨	٦,٢

والمطلوب حساب حجم الأتربة الواجب حفرها.

الحل:

١ - يرسم القطاع الطولى لسطح الأرض بمقياس رسم مناسب وليكن ١ : ٥٠٠ للأفقى، ١ : ٥٠ للرأسى.

٢- يضاف أسفل القطاع الطولى مجموعة من الخانات الأفقية تمتد بطول القطاع تبدأ من أعلى إلى أسفل تختص الخانة الأولى بالمسافة والثانية بالمنسوب ومن بياناتها يتم رسم القطاع.

٣- الخانة الثالثة منسوب الانشاء نوجد مناسيب النقط على خط الانشاء المقابلة لنقط تغير إنحدار سطح الأرض كما هو مبين فى شكل (١٨٥).

٤- الخانة الرابعة إرتفاع الحفر نوجد إرتفاع الحفر عند كل نقطة بايجاد الفرق بين منسوب سطح الأرض ومنسوب سطح الانشاء، ونسجل فى خانة إرتفاع الحفر.

٥- الخانة الخامسة نوجد المساحة الجانبية بطريقة أشباه المنحرفات. واذا كانت المسافات مختلفة يحسب كل جزء على حده.

٦- نوجد عرض الحفر وهو = قطر الماسورة + ٢٥ سم من كل جانب أى ٠,٧٥ + ٠,٢٥ + ٠,٢٥ = ١,٢٥ متر.

٧- الخانة السادسة: نوجد كمية الحفر وهى = المساحة الجانبية × عرض الحفر.

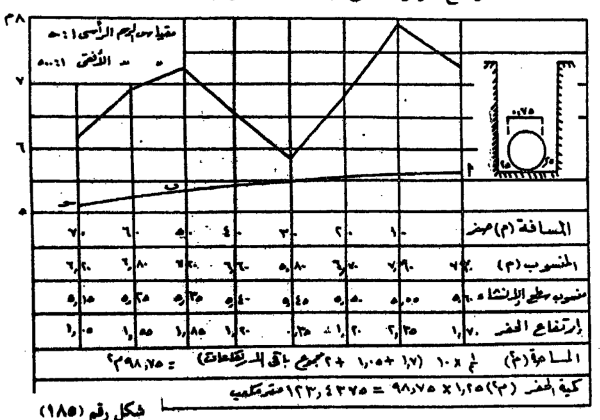
٢- من القطاعات العرضية:

تشكل القطاعات العرضية عندما يكون عرض المشروع كبيراً ومناسيب النقط على المحور لاتمثل مناسيب القطاع العرضى للأرض عند هذه النقطة. والقطاعات

العرضية تقسم الأرض إلى أقسام كل منها قاعدتاه المتوازيتان هما القطاعان العرضيان المتتاليان وطوله المسافة العمودية بين القطاعين ومن أهم الأمثلة التى تطبق فيها هذه الطريقة حالات الترع والجسور وجسور السكك الحديدية والطرق وخلافه،

ولإيجاد الحجم الكلى تجرى خطوتين:

١- توجد مساحة كل قطاع عرضي وهو عبارة عن المساحة المحصورة بين خط الانشاء وسطح الأرض الطبيعي. وهذه المساحة تكون إما:



المسافة (م)	صفر	١٠	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠
المنسوب (م)	٧,٣٠	٧,٩٠	٦,٧٠	٥,٨٠	٦,٦٠	٧,٢٠	٦,٨٠	٦,٢٠
منسوب سطح الإنشاء	٥,٦٠	٥,٥٥	٥,٥٠	٥,٤٥	٥,٤٠	٥,٣٥	٥,٢٥	٥,١٥
إرتفاع الحفر	١,٧٠	٢,٣٥	١,٢٠	٠,٣٥	١,٢٠	١,٨٥	١,٥٥	١,٠٥
المساحة (م٢)	½ × ١٠ (١,٧ + ١,٠٥ + ٢ مجموع باقى المرتفعات) = ٩٨,٧٥م٢							
كمية الحفر (م٣)	٩٨,٧٥ × ١,٢٥ = ١٢٣,٤٣٧٥ متر مكعب							

شكل رقم (١٨٥)

(أ) شكل غير منتظم ونوجد مساحته بأى طريقة من طرق إيجاد المساحات السابق شرحها.

(ب) شكل منتظم تطبق عليه القوانين الرياضية المعروفة.

٢- نوجد الحجم أو المكعبات بتطبيق معادلات خاصة تشبه معادلات إيجاد المساحات مع إستبدال أطوال الأعمدة فيها بمساحات القطاعات المتتالية وإستبدال المسافة بين الأعمدة بالبعد بين القطاعات العرضية. وذلك كالآتى:

طريقة متوسط القطاعات:

لايجاد حجم جسم معلوم قطاعاته العرضية المختلفة نفرض أن:

مساحات القطاعات = $س_1$ ، $س_2$ ، .... $س_{ن+1}$ (شكل رقم ١٨٦)

المسافة بين كل قطاعين متتاليين = ع وعدد الأقسام = ن

$$الحجم = ع \times ن \times \frac{س_1 + س_2 + س_3 + \cdots + س_{ن+1}}{ن + 1}$$

وتعتبر هذه الطريقة أقل الطرق دقة ويزداد الخطأ فيها كلما كانت الفروقات بين المساحات كبيرة وهى تستعمل فى التقدير المبدئى والأعمال التمهيدية.

طريقة متوسط القاعدتين:

حجم الجسم بين أى قطاعين متتالين = $\frac{1}{2}(س_1 + س_2) \times ع$

حيث $س_1$ ، $س_2$ مساحتا قاعدتى الجسم

وإذا كان الجسم مكوناً من عدة قطاعات على أبعاد متساوية (ع) فان:

الحجم = $\frac{1}{2}$ع (القطاع الأول + القطاع الأخير + ضعف القطاعات الباقية)

$$= \frac{ع}{2}(س_1 + س_{ن+1} + 2(س_2 + س_3 \cdots + س_ن)).$$

وهذا القانون يشبه قانون شبه المنحرفات فى المساحات.

شكل رقم (١٨٦)

ثانياً: تسوية الأراضى:

يعتبر موضوع تسوية الأراضى من الموضوعات الهامة فى مصر الآن حيث يجرى إستصلاح مئات الآلاف من الأفدنة. وتتطلب العمليات الزراعية المختلفة أرضا يتيسر للمياه أن تسرى فوقها بالتساوى دون أن تحدث نحراً وتآكلاً فى الأرض، فالأرض ينبغى أن يكون لها إنحداراً مستمراً منتظما لمسافات طويلة بقدر

لمكان وفى أى إتجاه. وقبل الدخول فى تفاصيل العمل المساحى يجب الاشارة إلى أنه من الأهمية بمكان عند تسوية الأراضى إختيار الوقت الملائم لعملية التسوية وعادة مايكون ذلك فى فصل الجفاف.

١ - العمل المساحى:

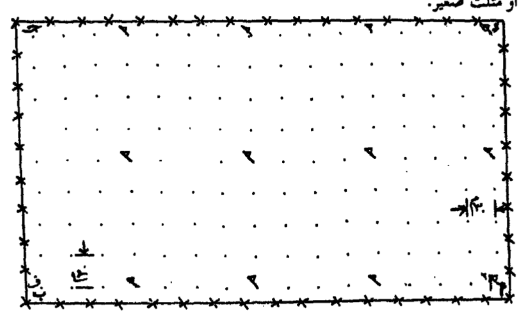
يتوقف حجم العمل المساحى ونوعه على مقدار المعلومات المطلوبة لتعيين إنحدارات الأرض وكمية الحفر والردم اللازم نقلها وإتجاه النقل. ويتم العمل المساحى بالخطوات التالية:

أ- وضع العلامات والأوتاد: توضع أوتاد أو علامات فى النقاط التى يراد إيجاد مناسيبها وبيان عمق الحفر وإرتفاع الردم اللازم عندها للحصول على أرض مستوية لها الميل أو الانحدار المطلوب وتوضع هذه الأوتاد حسب نظام معين كالمبين فى شكل (١٨٧). وإذا كان لقطعة الأرض المطلوب تسويتها ضلعان متعامدان ومستقيمان. فان عملية دق الأوتاد تصبح سهلة نسبياً. أما إذا كانت حدود قطعة الأرض متعرجة فيجب إنشاءخطين مستقيمين يتمشيان مع حدود المنطقة. تدق الأوتاد على مسافات متساوية كل ٢٠ أو ٣٠ متراً فى خطوط توازى الحدين الجانبيين المستقيمين، وبذلك تتكون لدينا شبكة من المربعات أو المستطيلات. الا أنه فى بعض الأحوال تكون عبارة عن مجموعة من متوازيات الأضلاع تناسب قطعة الأرض. وفى هذه الحالة يجب قياس الزاوية بين الضلعين. يدق الوتد على مسافة نصف الفترة بين المحطات من كل حدى الأرض وعليه راية، وتوضع رايات مؤقتة عند ب، جـ، د. تدق أوتاد على مسافات متساوية (غالباً ٣٠م) من أ فى إتجاه ب. فاذا كانت الراية المثبتة فى ب تقع على مسافة ٣٠ م من الوتد الذى قبلها دق أسفلها وتد وثبتت أو أنها تنقل حتى تقع على نهاية مسافة كاملة. وبالمثل يتبع فى المسافة من أ إلى د. ثم يقاس الخط ب جـ أو د جـ أيهما أنسب مساوياً لنظيره أ د أو أ ب، وتدق عليه أوتاد مؤقتة وتوضع عليها أعلام.

ويلاحظ عند دق الأوتاد أن تثبت راية فوق كل خامس وتد. ويحدد مكان كل وتد بحرف ورقم (نظام الاحداثيات) كما هو متبع تماماً فى الميزانية الشبكية بواسطة الميزان السابق شرحها.

ب- إنشاء الخرائط الطبوغرافية: يستعمل ميزان وقامة لتعيين مناسيب النقط وتعيين مواقعها على خريطة أساس. وقد ذكرت طريقة العمل فى الميزانية الشكبية. ويكفى أن تأخذ القراءات لمساحة قدرها ١٥ فدان تقريباً (أى ٢٥٠ × ٢٥٠ متراً) من وضع واحد للميزان يوضع فى منتصف المساحة أى على بعد ١٢٥ مترا من كل حدودها بشرط أن لايزيد الاختلاف فى المناسيب عن طول القامة، وألا توجد عوائق تعترض الرصد، وأن يكون الميزان ثابتاً غير متأثر بالرياح. أما فى المساحات الكبيرة فينبغى نقل الميزان، وتوضع فى نقط الدوران أوتاد مميزة تدق حولها علامات لإمكان الاستدلال عليها والرجوع اليها عند الحاجة.

جـ- خريطة الأساس: عبارة عن لوحة مقسمة إلى مربعات مرسومة على لوحة خفيفة لتدوين المناسيب والأرصاد. هذه المربعات المطبوعة تمثل نظام الأوتاد، وضلع كل مربع يمثل المسافة بين كل وتدين متتاليين، والأركان هى أماكن الأوتاد، وبوضع حدود الأرض على هذه اللوحة تكمل الخريطة. وتدون على الخريطة كل المعلومات المساحية ومنسوب كل ركن من الأركـ ... ـع أفقياً وعلى يمين الركن المقصود، ماعدا منسوب نقط الدوران فانها توضع فى إتجاه قطر المربع أى فى إتجاه مائل، كما أنه يمكن تمييز نقط الدوران بوضعها داخل قوسين أو مثلث صغير.



شكل رقم (١٨٧)

د- خطوط الكنتور: ترسم خطوط الكنتور من واقع المناسيب كما أوضحنا سابقاً. ويجب فى مثل هذه الحالة (تسوية الأراضى) أن تكن الفترة الكنتورية محدودة تتراوح من ٥ سم إلى ٢ متر حسب درجة إنحدار سطح الأرض. وتلعب خطوط الكنتور دوراً هاماً فى إختيار وحدات المساحات لتسوية كل منها على حدة. فيجب ألا تسوى الأرض كلها مرة واحدة ولكن تسوى الأراضى شديدة الانحدار كوحدات منفصلة.

٢- حسابات تسوية الأراضى:

المثال التالى يوضح كيفية حساب مكعبات الحفر أو الردم لتسوية الأراضى:

قطعة أرض أبعادها ١٨٠×٢٤٠م أجريت لها ميزانية شبكية على شكل مربعات طول ضلع المربع ٣٠ م ويراد تسويتها ، وكانت المناسيب كمايلى:

•٤,٣٢	•٤,٢١	•٣,٩٦	•٣,٨٧	•٣,٤٢	•٣,٢٥	•٢,٠١	•٢,١٦	•٢,٢٨
•٤,٣٤	•,٤,١٠	•٣,٩٢	•٣,٦٦	•٣,٢٦	•٣,١٠	•٢,٨٨	•٢,٣٦	•٢,١٦
•٥,٠٠	•٤,٧٦	•٤,٣٥	•٤,١٠	•٣,٩٩	•٣,٨١	•٣,٥٦	•٣,٤٢	•٣,٠١
•٥,١٧	•٤,٩٥	•٤,٨٠	•٤,٥٠	•٤,٢٠	•٤,٢٠	•٣,٩١	•٣,٥٦	•٣,٢٤
•٥,٢٠	•٤,٩٤	•٤,٧٢	•٤,٤٢	•٤,٢٩	•٤,١٨	٤,٠٠	•٣,٩٠	•٣,٦٠
•٦,٢٠	•٦,٠٠	•٥,٥٦	•٥,١٠	•٤,٩٢	•٤,٧٢	•٤,٤٨	•٤,٢٢	•٤,٠٠
•٧,٣٢	•٦,٩٦	•٦,٧٦	•٦,٤٢	•٦,٠٣	•٥,٨٢	•٥,٤٠	•٤,٩٣	•٤,٦٠

١- مساحة قطعة الأرض = ١٨٠× ٢٤٠ =٤٣٢٠٠م^{٢}

٢- متوسط منسوب سطح الأرض= $\frac{\text{مجموع المناسيب}}{\text{عدد المناسيب}} = \frac{٢٧٢,٤٨}{٦٣} =$ ٤,٣٢٥م

وهذا المتوسط يعتبر منسوب التسوية.

٣- يحسب عمق الحفر أو ارتفاع الردم عند كل نقطة، وذلك بطرح منسوب سطح الأرض من منسوب التسوية (متوسط منسوب سطح الأرض) عند كل نقطة. ويفرغ هذا الفرق فى جدول كما فى الجدول التالى.

٤- يتضح من الجدول أن عدد النقط التى يلزم عندها الحفر = ٢٨ نقطة

وأن عدد النقط التى يلزم عندها الردم = ٣٥ نقطة

م	منسوبا لأرض	عمق الحفر	ارتفاع الردم	م	منسوبا لأرض	عمق الحفر	ارتفاع الردم	م	منسوبا لأرض	عمق الحفر	ارتفاع الردم
١	٤,٣٢		٠,٠٠٥	٢٢	٤,١٠		٠,٢٢٥	٤٣	٤,٠٠		٠,٣٢٥
٢	٤,٢١		٠,١١٥	٢٣	٣,٩٩		٠,٣٣٥	٤٤	٣,٩٠		٠,٤٢٥
٣	٣,٩٦		٠,٣٦٥	٢٤	٣,٨١		٠,٥١٥	٤٥	٣,٦٠		٠,٧٢٥
٤	٣,٨٧		٠,٤٥٥	٢٥	٣,٥٦		٠,٧٦٥	٤٦	٦,٢٠	١,٨٧٥	
٥	٣,٤٢		٠,٩٠٥	٢٦	٣,٤٢		٠,٩٠٥	٤٧	٦,٠٠	١,٦٧٥	
٦	٣,٢٥		١,٠٧٥	٢٧	٣,٠١		١,٣١٥	٤٨	٥,٥٦	١,٢٣٥	
٧	٢,٠١		٢,٣١٥	٢٨	٥,١٧	٠,٨٤٥		٤٩	٥,١٠	٠,٧٧٥	
٨	٢,١٦		٢,١٦٥	٢٩	٤,٩٥	٠,٦٢٥		٥٠	٤,٩٢	٠,٥٩٥	
٩	٢,٢٨		٢,٠٤٥	٣٠	٤,٨٠	٠,٤٧٥		٥١	٤,٧٢	٠,٣٩٥	
١٠	٤,٣٤	٠,٠١٥		٣١	٤,٥٠	٠,١٧٥		٥٢	٤,٤٨	٠,١٥٥	
١١	٤,١٠		٠,٢٢٥	٣٢	٤,٢٠		٠,١٢٥	٥٣	٤,٢٢		٠,١٠٥
١٢	٣,٩٢		٠,٤٠٥	٣٣	٤,٢٠		٠,١٢٥	٥٤	٠٠		٠,٣٢٥
١٣	٣,٦٦		٠,٦٦٥	٣٤	٣,٩١		٠,٤١٥	٥٥	٧,٣٢	٢,٩٩٥	
١٤	٣,٢٦		١,٠٦٥	٣٥	٣,٥٦		٠,٧٦٥	٥٦	٦,٩٦	٢,٦٣٥	
١٥	٣,١٠		٠,٢٢٥	٣٦	٣,٢٤		١,٠٨٥	٥٧	٩,٧٦	٢,٤٣٥	
١٦	٢,٨٨		١,٤٤٥	٣٧	٥,٣٠	٠,٨٧٥		٥٨	٦,٤٢	٢,٠٩٥	
١٧	٢,٣٦		١,٩٦٥	٣٨	٤,٩٤	٠,٦١٥		٥٩	٦,٠٣	١,٧٠٥	
١٨	٢,١٦		٢,١٦٥	٣٩	٤,٧٢	٠,٣٩٥		٦٠	٥,٨٢	١,٤٩٥	
١٩	٥,٠٠	٠,٦٧٥		٤٠	٤,٤٢	٠,٠٩٥		٦١	٥,٤٠	١,٠٧٥	
٢٠	٤,٧٦	٠,٤٣٥		٤١	٤,٢٩		٠,٠٣٥	٦٢	٤,٩٣	٠,٦٠٥	
٢١	٤,٣٥	٠,٠٢٥		٤٢	٤,١٨		٠,١٤٥	٦٣	٤,٦٠	٠,٢٧٥	

المجموع = ٢٧٢,٤٨ ٢٧,٢٧٠ ٢٧,٢٦٥

∴ متوسط عمق الحفر = (مجموع أعماق الحفر) / (عدد نقط الحفر) = ٢٧,٢٧٠ / ٢٨ = ٠,٩٧٤م

متوسط ارتفاع الردم = (مجموع أعماق الحفر) / (عدد نقط الحفر) = ٢٧,٢٦٥ / ٣٥ = ٠,٧٧٩م

٥- بالنسبة والتناسب تحسب مساحة الجزء المحفور وكذلك الجزء المردوم.

مساحة الجزء المحفور = ٢٨ / ٦٣ × ٤٣٢٠٠ = ١٩٢٠٠م٢

مساحة الجزء المردوم = ٣٥ / ٦٣ × ٤٣٢٠٠ = ٢٤٠٠٠م٢

٦- ∴ مكعبات الحفر = ١٩٢٠٠ × ٠,٩٧٤ = ١٨٧٠٠,٨٠م٣

∴ ومكعبات الردم= ٢٤٠٠٠ × ٠,٧٧٩ = ١٨٦٩٦,٠٠م٣

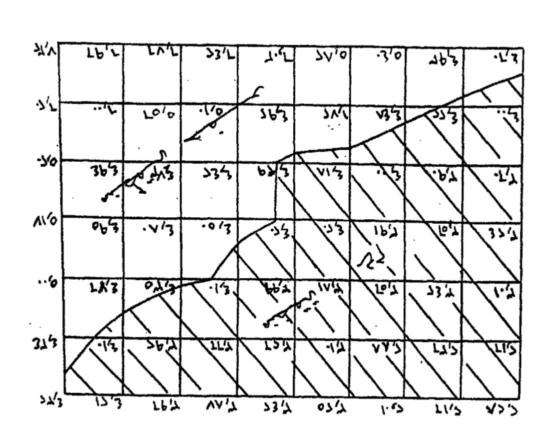
٧- متوسط مكعبات التسوية = (١٨٦٩٦ + ١٨٧٠٠,٨٠) / ٢ = ١٨٦٩٨,٤ م٣

٨- مساحة قطعة الأرض بالفدان = ٤٣٢٠٠ / ٤٢٠٠,٨٣ = ١٠,٢٨٤ فدان

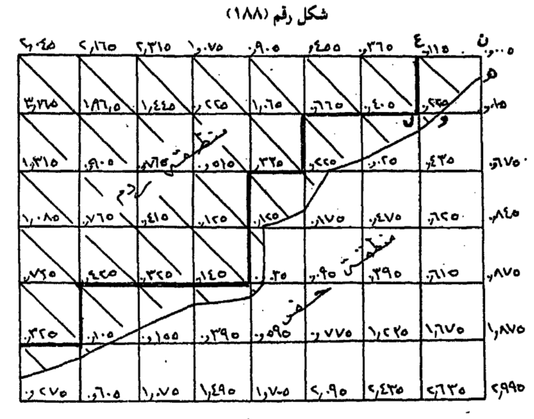
= ١٠ ف ٦ ط ١٩,٥٨ س

∴ متوسط مايخص الفدان من مكعبات التسوية = ١٨٦٩٨,٤ / ١٠,٢٨٤ = ١٨١٨,٢٠م٣

نلاحظ فى هذه الطريقة أن منسوب التسوية هو متوسط مناسيب سطح الأرض عند أركان كل مربع فى الشبكة، وأصبح معلوماً لدينا كميات الأتربة الناتجة من الحفر واللازمة للردم. وهذه الطريقة تصلح عند التقديرات الأولى قبل تنفيذ مشروع التسوية بصفة عامة، ولكنها قاصرة بالنسبة للنواحى الهندسية. صحيح معلوم لدينا منسوب سطح الأرض وإرتفاع الردم وعمق الحفر عند النقطة إلا أنه عند التنفيذ يلزم معرفة مساحات الردم والحفر بدقة حتى تتمكن الآلات من العمل أو بمعنى آخر أين ينتهى الحفر وأين يبدأ الردم بالضبط.



شكل رقم (١٨٨)



شكل رقم (١٨٩)

لذلك يجب تعيين الخط الفاصل بين الحفر والردم. وفى العادة يكون هذا الخط غير منتظم لأنه عبارة عن خط كنتور منسوبه هو منسوب التسوية ولايوجد حفر أو ردم عند أى نقطة عليه.

لذلك نقوم باجراء مايلى:

١- يعين خط كنتور منسوب التسوية والذى يفصل بين منطقة الحفر ومنطقة الردم شكل رقم (١٨٨).

٢- يبين ارتفاعات الحفر والردم عند أركان مربعات الشبكة بين حدود الخط الفاصل بين الحفر والردم. وقد يرمز للحفر برمز (ح) بجوار رقم العمق الدال عليه، أما الارتفاع الدال على الردم فلا يرمز له بشيء. كما هو مبين فى الشكل رقم (١٨٩)

٣- تجرى حساب مكعبات الأتربة داخل كل مربع على أساس أنه مربع ذو ارتفاعات مختلفة عند أركانه. وذلك بضرب مساحة المربع فى متوسط منسوب الحفر أو الردم عند أركانه الأربعة.

شكل رقم (١٩٠)

فمثلاً عند حساب المربع شكل رقم(١٩٠)

مساحة القاعدة = ٣٠ × ٣٠ = ٩٠٠م^{2}

متوسط عمق الردم = ٢,٠٨٥ م

كمية الردم = ٩٠٠ × ٢,٠٨٥ = ١٨٧٦,٥م^{3}

٤- يفضل عادة تقسيم الأرض إلى مثلثات بأقطار المربعات أو المستطيلات. ويجب اختيار القطر فى الغيط أثناء العمل المساحى الذى يطابق سطح الأرض تقريباً. إذ يكون أحياناً سطح الأرض داخل المربع أو المستطيل عبارة عن مستويين، فنصل القطر الذى يقسم السطح إلى مستويين ونعالج كل جزء على حده. ففى الشكل يتضح أن القطر الواصل بين منسوب ٢,١٦٥ ومنسوب ٢,١٦٥ هو الصحيح لأنه يقسم المربع إلى مستويين منفصلين. وفى العادة نصل الأركان ذات القيم المتقاربة.

٥- نأتى بحجم كل جزء على حده ونجمع الأجزاء ففى الشكل رقم (١٩٠) حجم الردم فى المثلثين (١)، (٢).

$$= \frac{٣٠\times٣٠}{٢} \times \frac{٢,١٦٥ + ٢,٠٤٥ + ٢,١٦٥}{٣} = ٩٥٦,٢٥ \text{ م}^٣$$

$$= \frac{٣٠\times٣٠}{٢} \times \frac{٢,١٦٥ + ١,٩٦٥ + ٢,١٦٥}{٣} = ٩٤٤,٢٥ \text{ م}^٣$$

∴ حجم الردم في المربع = ٩٥٦,٢٥ + ٩٤٤,٢٥ = ١٩٠٠,٥٠ م^٣

(قارن النتيجة السابقة في بند ٣ والنتيجة في بند ٥).

٦- يمكن تبسيط العملية الحسابية كثيراً. فنلاحظ في منطقة الردم ومنطقة الحفر أن هناك مربعات كاملة كالمبينة بخط سميك في منطقة الردم في شكل (١٨٩). وهذه يمكن حسابها على حدة بالطريقة الآتية:

نلاحظ عند جمع الحجوم الجزئية، أن بعض الارتفاعات تتكرر في الحساب بعضها مرة واحدة والبعض يتكرر مرتان لاشتراكه في مثلثين أو ثلاث مرات لاشتراكه في ثلاثة مثلثات وهكذا. فمثلاً في شكل (١٩٠) الارتفاع ٢,٠٤٥ مشترك في مثلث واحد، والارتفاع ٢,١٦٥ مشترك في مثلثين، وكذلك الارتفاع الآخر ٢,١٦٥ مشترك في مثلثين وأكبر عدد من الأجزاء في نقطة واحدة هو ٨ عندما تكون نقطة الارتفاع مشتركة في ثمانية مثلثات.

نفرض أن س = المقطع العمودي للمثلث.

، ع $_١$ = مجموع الارتفاعات المشتركة في مثلث واحد.

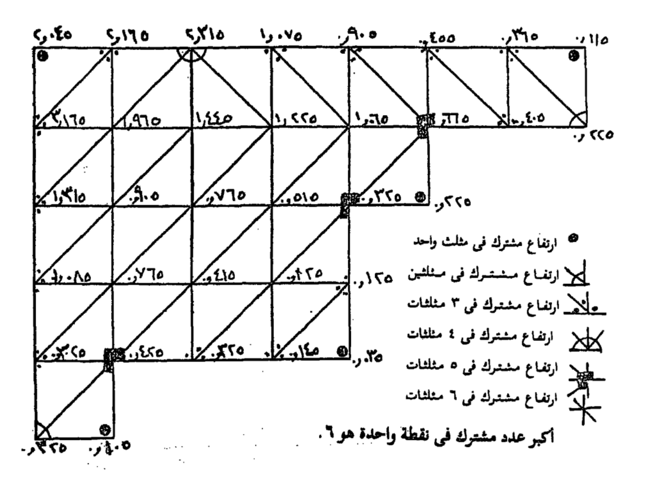
، ع $_٢$ = مجموع الارتفاعات المشتركة في مثلثين.

....

، ع $_٨$ = مجموع الارتفاعات المشتركة في ٨ مثلثات

$$∴ \text{الحجم الكلي} = \text{س} \times \frac{(\text{ع}_١ + ٢\text{ ع}_٢ + ٣\text{ ع}_٣ + ... + \text{ن ع ن})}{\text{عدد حروف المقطع}}$$

عدد حروف المقطع العمودي في هذا المثال ٣ لأنها عبارة عن مثلثات ولحساب كمية الردم المحدد بخط سميك في الشكل السابق (١٨٩) ويمثله الشكل التالي رقم (١٩١).


ارتفاع مشترك فى مثلث واحد
ارتفاع مشترك فى مثلثين
ارتفاع مشترك فى ٣ مثلثات
ارتفاع مشترك فى ٤ مثلثات
ارتفاع مشترك فى ٥ مثلثات
ارتفاع مشترك فى ٦ مثلثات
أكبر عدد مشترك فى نقطة واحدة هو ٦ .

ع١	ع٢	ع٣	ع٤	ع٥	ع٦
٠,١١٥	٠,٢٢٥	٠,٣٦٥	٢,٣١٥	١,٤٤٥	١,٠٦٥
٢,٠٤٥	٠,٣٢٥	٠,٤٥٥		٠,٦٦٥	١,٢٢٥
٠,٢٢٥		٠,٩٠٥		٠,٣٣٥	١,٩٦٥
٠,٠٣٥		١,٠٧٥		٠,٤٢٥	٠,٥١٥
٠,١٠٥		٢,١٦٥			٠,٧٦٥
		٠,٤٠٥			٠,٩٠٥
		٢,١٦٥			٠,١٢٥
		١,٣١٥			٠,٤١٥
		٠,١٢٥			٠,٧٦٥
		١,٠٨٥			
		٠,٧٢٥			
		٠,١٤٥			
		٠,٣٢٥			
٢,٥٢٥	٠,٥٥٠	١١,٢٥٥	٢,٣١٥	٢,٨٧٠	٧,٧٤٥
١×	٢×	٣×	٤×	٥×	٦×
٢,٥٢٥	١,١٠٠	٣٣,٧٦٥	٩,٢٦٠	١٤,٣٥٠	٤٦,٤٧٠

الحجم الكلى للردم = $\frac{٣٠ \times ٣٠}{٢} \times \frac{٤٦,٤٧٠ + ١٤,٣٥٠ + ٩,٢٦٠ + ٣٣,٧٦٥ + ١,١٠٠ + ٢,٥٢٥}{٣}$

= ٤٥٠ × ٣٥,٨١٣ = ١٦١١٢٠,٣٥ م٣.

٧- أما الأجزاء غير المنتظمة خارج المربعات الكاملة فسنأخذ جزءاً واحداً منها على سبيل المثال ونتبع نفس الطريقة فى الأجزاء الأخرى لحساب مكعبات الردم.

الجـــزء أ ب جـ د هـ (شكل

شكل رقم (١٩٢)

١٩٢). يقسم الشكل إلى المستطيل أ ب س هـ ونستنتج منسوب ب، س بالنسبة والتناسب.

والمستطيل ص جـ د س نستنتج بالنسبة والتناسب أيضاً منسوب ص، والمثلث ب جـ ص وبجمع هذه الأجزاء نحصل على حجم الردم. ويكرر العمل فى باقى الأجزاء غير المنتظمة.

٨- تتبع نفس الطرق السابقة لحساب كميات الحفر فى منطقة الحفر وذلك بتقسيمها إلى شكل يتكون من مربعات كاملة يجرى تقسيمها إلى مثلثات وحساب الأجزاء غير المنتظمة الأخرى وجمعها.

٩- فى حالة ما إذا كانت الأشكال رباعية (مربع أو مستطيل) فان المقام فى المعادلة السابقة [1] يصبح ٤، لأن عدد حروف المقطع العمودى فى هذه الحالة ٤.

حسابات تسوية الأراضى بطريقة كنتور الحفر والردم

تعتمد هذه الطريقة على إستعمال خريطة كنتورية دقيقة للمنطقة المراد تسويتها. ولاستعمال هذه الطريقة يزود العامل الذى سيقوم بتشغيل آلة التسوية بخريطة تبين درجة الحفر والردم لقطاع الأرض.

خطوات العمل:

١- تجهز خريطة كنتورية دقيقة لقطعة الأرض المراد تسويتها مع إستعمال فترة كنتورية ومقياس رسم مناسبين للدقة المطلوبة.

٢- تحدد إنحدارات سطح التسوية وذلك باتباع إنحدارات سطح الأرض الأصلية قدر الامكان وليس من الضرورى أن يكون الانحدار منتظماً. ويراعى عند إختيار هذه الانحدارات تكلفة التنفيذ وذلك بانقاص المقدار الكلى لكميات الحفر والردم وسهولة إنسياب المياه والمحافظة على التربة.

٣- ترسم خطوط كنتور الانحدار المقترح على الخريطة الكنتورية وهى مبينة بخطوط مستقيمة منتظمة فى شكل رقم (١٩٣).

---

(١) أنظر صفحة ٣٨٦.

٤- تحدد نقط تقاطع كنتورات سطح الأرض الأصلية مع كنتورات الانحدار المقترح. وتسجل بجوار كل نقطة تقاطع الفرق بين منسوبي خطى الكنتور.

٥- نصل بخط مميز (مقطع كما فى الشكل) نقط التقاطع ذات الفرق المتساوى. والخط الذى قيمته صفر هو الخط الفاصل بين مساحات الحفر ومساحات الردم. وهذه الخطوط تمثل أثر تقاطع مستوى الانحدار المقترح مع سطح الأرض الطبيعى ونسمى هذه الخطوط بخطوط عمق الحفر المتساوى أو إرتفاع الردم المتساوى.

٦- يجب أن تتقارب مساحات الحفر مع مساحات مناطق الردم. أو بمعنى آخر المساحات التى يضمها خط التساوى صفر والتى تقع داخله وهى تمثل مناطق الردم، مع المساحة التى تقع خارجة عنه والتى تمثل مناطق الحفر. واذا وجد فرق كبير تزحزح خطوط كنتور الانحدار المقترح ناحية الجانب الأعلى أى ناحية ضد الانحدار فيزداد الحفر أو تحرك فى اتجاه الميل فتزداد كمية الردم. مع مراعاة أن يزيد مقدار الحفر بحوالى ٥ - ١٥ ٪ عن مقدار الردم وذلك لسد العجز الناتج عن فقد الأتربة والتقوس الذى يحدث فى سطح الأرض عند دك التربة.

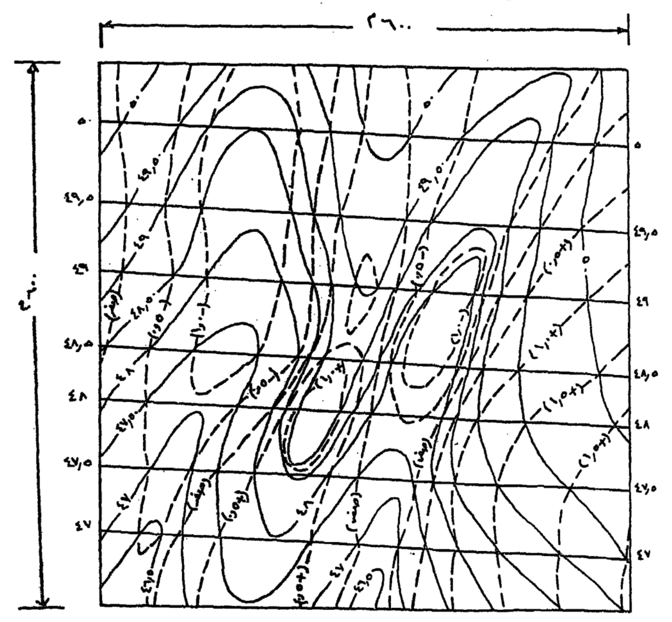
٧- تقاس المساحات المحصورة بخطوط عمق الحفر المتساوى أو إرتفاع الردم المتساوى بالبلانيمتر وحساب حجم الأتربة الناجمة عن الحفر والردم بطريقة متوسط القاعدتين كالآتى:

أ- فى شكل (١٩٣) إذا أردنا إيجاد حجم الردم بين خطى تساوى صفر، ٠,٥ م تعين المساحة التى يضمها خط الصفر، وتلك التى يضمها خط ٠,٥م بالبلانيمتر، ثم تحسب متوسط المساحتين.

ب- بضرب متوسط المساحتين × الفارق الرأسى بين خطى التساوى (٠,٥م) ينتج الكمية الواجب ردمها للوصول إلى خط تساوى ٠,٥ م.

جـ- تعيين المساحة التى يضمها خط تساوى ١,٠م وتحسب متوسط المساحتين بين خطى ٠,٥ ، ١,٠م، ويضرب هذا المتوسط فى الفارق الرأسى فينتج كمية الردم بين ٠,٥ ، ١,٠م.

د- يستمر في العمل حتى يصل إلى أقل منسوب، ثم تجمع الكميات للحصول على الكمية الكلية للتسوية في حالة الردم، يكرر نفس العمل فى حالة الحفر حتى أعلى منسوب.



شكل رقم (١٩٣)

والجدول التالي يوضح طريقة الحساب

ردم			حفر			
المساحة /م²	متوسط المساحة /م²	الحجم /م³	المساحة /م²	متوسط المساحة/ م²	الحجم /م³	
١٩٣٦٠٠			١٦٦٤٠٠			صفر
	١٤٨٥٠٠	٣٤٢٥٠		١٣٢١٥٠	٦٤٠٧٥	
١٠٣٥٠٠	.		٩٧٩٠٠			,٥
	٧٢١٠٠	٣٦٥٥٠		٨٢٢٥٠	٤١١٢٥	
٤٠٣٠٠			٦٦٦٠٠			١,٠
	٢٠٣٥٠	١٠١٧٥		٥١٣٥٠	٢٥٦٧٥	
صفر			٣٦١٠٠			١,٥
				٢٥٤٠٠	١٢٧٠٠	
			١٤٧٠٠			٢,٠
				٧,٣٧٥	٣٦٧٥	
			صفر			٢,٥
		١٢٠٤٧٥			١٤٧٢٥٠	

الحفر يزيد بمقدار ١٢٢٪ عن الردم

أمثلة

١- وضع قراءات القامة في جدول:

المثال الأول:

القراءات الآتية أخذت أثناء عمل ميزانية طولية على محور طريق كل ٢٥ متراً، فإذا كانت القراءات الرابعة والسابعة والتاسعة مقدمات وكانت النقطة الخامسة روبير منسوبه ٧,٤٣ مترا. المطلوب وضع هذه القراءات في جدول ميزانية كامل مع حساب مناسيب باقي النقط بطريقة الإرتفاع والإنخفاض. ٣,٥٦، ٢,٩٥، ١,٤٤، ٣,١٧، ٠,٨٥، ١,٦٧، ٠,١٥، ١,٨٨، ٢,٧٥.

طريقة الاجابة

١- يصمم جدول ميزانية تبدأ خاناته الرأسية بخانة المؤخرات ثم المتوسطات فالأماميات، ثم خانتى الإرتفاع والإنخفاض ثم خانة المنسوب ثم خانة النقط تليها خانة المسافات وأخيرا خانة الملاحظات.

يدون فى خانة «النقط» على السطر الأول نقطة (١) وعلى السطر الثانى نقطة (٢) وعلى السطر الثالث نقطة (٣) وهكذا.

ويدون فى خانة «المسافات» أمام النقطة (١) صفر إذ أنها النقطة التى بدأت منها الميزانية وأمام النقطة (٢) ٢٥ مترا، إذ أنها على بعد ٢٥ مترا من نقطة (١)، وأمام النقطة (٣) يكتب ٥٠ مترا، وتضاعف المسافة بعد ذلك أمام كل نقطة بمقدار ٢٥ مترا.

٢- بما أن القراءة الرابعة مقدمة، فمعنى ذلك أن القراءة الأولى مؤخرة وأن القراءتين الثانية والثالثة متوسطات.

فتدون القراءة الأولى أمام النقطة (١) فى خانة المؤخرات

القراءة الثانية أمام النقطة (٢) فى خانة المتوسطات

القراءة الثالثة أمام النقطة (٣) فى خانة المتوسطات

أما القراءة الرابعة فتدون أمام النقطة (٤) فى خانة المقدمات.

وبما أن القراءة السابعة مقدمة، فمعنى ذلك أن القراءة الخامسة، مؤخرة، وتدون فى خانة المؤخرات أمام النقطة (٤) إذ أنها مؤخرة الوضع الجديد للميزان ويذكر ذلك أمام هذه النقطة فى خانة الملاحظات فتدون عبارة «نقطة دوران للميزان».

وتدون القراءة السادسة أمام النقطة (٥) فى خانة المتوسطات

وتدون القراءة السابعة أمام النقطة (٦) فى خانة المقدمات إذ أنها نهاية هذا الوضع للميزان وعلى هذا تكون القراءة الثامنة مؤخرة لنفس النقطة (٦) ويدون أمامها فى خانة الملاحظات أنها نقطة دوران.

وتدون القراءة التاسعة فى خانة المؤخرات أمام النقطة (٧).

ولتحقيق العمل يجب أن يكون عدد قراءات القامة المذكورة فى خانة المؤخرات مساويا للعدد المذكور فى خانة المقدمات كما يتضح ذلك من الجدول.

عدد المؤخرات = عدد المقدمات = ٣.

∴ وضع القراءات فى الجدول صحيح.

٣- يدون أمام النقطة (٥) منسوبها فى خانة المنسوب ويذكر أمامها فى خانة الملاحظات أنها نقطة روبير منسوبة ٧,٤٣ أمتار، ونبدأ فى حساب مناسيب باقى النقط.

(أ) منسوب النقطة (٦): بمقارنة قراءة القامة على هذه النقطة (٠,١٥ متر) وقراءتها على النقطة (٥) (١,٦٧ متر)، نجد أنها أقل، ومعنى هذا أنها ترتفع عن النقطة (٥) بمقدار الفرق بين القراءتين (١,٦٧ - ٠,١٥ = ١,٥٢ متر) فيدون هذا الفرق فى خانة الإرتفاع أمام النقطة (٦)، وبإضافة مقدار هذا الارتفاع على منسوب النقطة (٥) ينتج لنا منسوب النقطة (٦) (٧,٤٣ + ١.٥٢ = ٨,٩٥ أمتار) فيدون فى خانة المنسوب أمامها.

(ب) منسوب النقطة (٧): تقارن قراءتى القامة على هذه النقطة (وهى مقدمة وقدرها ٢,٧٥ متر)، فنجد أنها أكبر، ومعنى ذلك أن النقطة (٧) تنخفض عن (٦) بمقدار الفرق بين قراءتى القامة ويساوى ٠,٨٧ متر. فيدون ذلك فى خانة الإنخفاض. وعلى هذا يكون منسوب (٧) أقل من منسوب (٦) بمقدار هذا الفرق.

∴ منسوب النقطة (٧) = ٨,٩٥ - ٠,٨٧ = ٨,٠٨ أمتار.

يلاحظ أنه إذا كانت قراءة القامة على النقطة أقل من قراءتها على النقطة السابقة، لها، فهذا يدل على أن هذه النقطة أكثر إرتفاعا من سابقتها، والعكس إذا كانت القراءة أكبر. إذ يدل ذلك على إنخفاض النقطة عن سابقتها.

(جـ) منسوب النقطة (٤): بمقارنة قراءة القامة على النقطة (٥) (١,٦٧ متر) بقراءتها على النقطة (٤) المدونة فى خانة المؤخرات (٠,٨٥) نجد أنها أكبر، ومعنى ذلك أنها تنخفض عن النقطة (٤) بمقدار الفرق بين القراءتين

(١,٦٧ – ٠,٨٥ = ٠,٨٢ متر) فيدون هذا الفرق فى خانة الإنخفاض أمام النقطة (٥).

أى أن منسوب (٤) يرتفع عن منسوب (٥) بمقدار هذا الفرق.

∴ منسوب النقطة (٤) = ٧,٤٣ + ٠,٨٢ = ٨,٢٥أمتار. ويدون أمامها فى خانة المنسوب.

(د) منسوب النقطة (٣): قراءة القامة أمام النقطة (٤) المدونة فى خانة المقدمات وقدرها ٣,١٧ أمتار أكبر من قراءتها أمام النقطة (٣) (١,٤٤ متر)، أى أنها تنخفض عن النقطة (٣) بمقدار (٣,١٧ – ١,٤٤ = ١,٧٣ متر)، فيدون هذا الفرق فى خانة الإنخفاض أمام النقطة (٤) أى أن منسوب (٣) يرتفع عن منسوب (٤) بمقدار هذا الفرق.

∴ منسوب النقطة (٣) = ٨,٢٥ + ١,٧٣ = ٩,٩٨أمتار. فيدون أمامها فى خانة المنسوب.

(هـ) منسوب النقطة (٢): قراءة القامة أمام النقطة (٣) (١,٤٤ مترا) أقل من قراءتها أمام النقطة (٢) (٢,٩٥ متر) أى أنها ترتفع عنها بمقدار (٢,٩٥ – ١,٤٤ = ١,٥١ متر)، فيدون هذا الفرق فى خانة الإرتفاع أما النقطة (٣). وبطرح هذا الفرق من منسوب النقطة (٣) نحصل على منسوب (٢) فيدون أمامها فى خانة المنسوب.

منسوب النقطة (٢) = ٩,٩٨ – ١,٥١ = ٨,٤٧ أمتار.

(و) منسوب النقطة (١): قراءة القامة أمام النقطة (٢) (٢,٩٥ مترا) أقل من قراءتها أمام النقطة (١) (٣,٥٦مترا)، أى أنها ترتفع عنها بمقدار (٣,٥٦ – ٢,٩٥ = ٠,٦١ متر) فيدون هذا الفرق فى خانة الإرتفاع أمام النقطة (٢).

وبطرح هذا الفرق من منسوب النقطة (٢) ينتج منسوب (١) فيدون أمامها فى خانة المنسوب.

منسوب النقطة (١) = ٨,٤٧ – ٠,٦١ = ٧,٨٦ أمتار.

٤– ولتحقيق الميزانية حسابياً:

مجموع المؤخـرات – مجموع المقدمـــات = ٦,٢٩ – ٦,٠٧ = ٠,٢٢ متر

مجموع لإرتفاعات – مجموع الإنخفاضات = ٣,٦٤ – ٣,٤٢ = ٠,٢٢ متر

ومنسوب آخر نقطة – منسوب أول نقـــطة = ٨,٠٨ – ٧,٨٦ = ٠,٢٢ متر

وبما أن الفرق ثابتا

∴ العمل الحسابى للميزانية صحيحا.

والجدول التالى يبين الصورة الكاملة للجدول الخاص بهذا المثال:

قراءات القامه			ارتفاع	إنخفاض	المنسوب	النقطة	المسافة	ملاحظات
مؤخرات	متوسطات	مقدمات						
٣,٥٦					٧,٨٦	١	صفر	
	٢,٩٥		٠,٦١		٨,٤٧	٢	٢٥	
	١,٤٤		١,٥١		٩,٩٨	٣	٥٠	
٠,٨٥		٣,١٧		١,٧٣	٨,٢٥	٤	٧٥	نقطة دوران للميزان
	١,٦٧			٠,٨٢	٧,٤٣	٥	١٠٠	روبير منسوبه ٧,٤٣ مترا
١,٨٨		٠,١٥	١,٥٢		٨,٩٥	٦	١٢٥	نقطة دوران للميـزان
		٢,٧٥		٠,٨٧	٨,٠٨	٧	١٥٠	
٦,٢٩		٦,٠٧	٣,٦٤	٣,٤٢				

المثال الثانى:

القراءات الآتية أخذت أثناء إجراء ميزانية طولية على مسافات متساوية كل ٢٠ مـــتـــرا، ٢,٢٠ ، ١,١٥ ، ٠,٨٣ ، ٢,٠٧ ، ٠,٧٥ ، ١,١٢ ، ٢,٥٣ ، ٠,١٢ ، ٣,٧٨ ، ١,٢٥.

والمطلوب وضعها فى جدول ميزانية وحساب مناسيب النقط بطريقة منسوب سطح الميزان وتصحيح العمل الحسابى، علماً بأن النقطتين الرابعة والسابعة نقطتى دوران لميزان المساحة وأن النقطة الخامسة عبارة عن روبير منسوبه ٢,١٨ متر.

طريقة الإجابة:

١- نبدأ أولا بتصميم جدول ميزانية بطريقة منسوب سطح الميزان وفى خانة «النقط» يكتب على السطر الأول نقطة (١) وعلى السطر الثانى نقطة (٢) وعلى السطر الثالث نقطة (٣)... وهكذا.

وفى خانة «المسافات» يكتب أمام النقطة (١) صفر أمام النقطة (٢) ٢٠ مترا ثم أمام النقطة (٣) ٤٠ مترا، وتضاعف المسافة عشرين مترا أمام كل نقطة تالية.

وفى خانة الملاحظات يكتب أمام النقطتان الرابعة والسابعة «نقط دوران للجهاز»، ويذكر أمام النقطة الخامسة أنها نقطة روبير منسوبها ٢,١٨ مترا كما يذكر منسوبها فى خانة المنسوب.

٢- تدون القراءة الأولى للقامة (٢,٢٠ متر) فى خانة المؤخرات أمام النقطة (١)، وتدون القراءة الثانية (١,١٥ متر) فى خانة المتوسطات أمام النقطة (٢) والقراءة الثالثة فى خانة المتوسطات أمام النقطة (٣)، أما القراءة الرابعة (٢,٠٧ متر) فتعتبر مقدمة بالنسبة للقراءات السابقة، وتكتب فى خانة المقدمات أمام النقطة (٤)، وعلى ذلك تعتبر القراءة الخامسة (٠,٧٥ متر)، مؤخرة لما سيأتى بعدها من قراءات وتدون فى الخانة الخاصة بها أمام النقطة (٤). ومن خانة الملاحظات نجد أن هذه النقطة (٤) نقطة دوران أى أنه يجب أن يذكر أمامها قراءتين إحداهما مقدمة والأخرى مؤخرة.

تدون القراءة السادسة (١,١٢ متر) أمام النقطة (٥) فى خانة المتوسطات ثم القراءة السابعة (٢,٥٣ متر) أمام النقطة (٦) فى خانة المتوسطات.

القراءة الثامنة (٠,١٢ متر) تعتبر مقدمة للوضع الثالث للميزان وتدون فى خانة المقدمات أمام النقطة (٧)، وعلى هذا تعتبر القراءة التاسعة (٣,٣٨ أمتار) مؤخرة للقراءات التى تليها وتدون على نفس السطر أمام النقطة (٧) وفى خانة المؤخرات.

أما القراءة العاشرة (١,٢٥ متر) فنظر لأنها آخر قراءة للقامة، فتدون أمام النقطة (٨) فى خانة المقدمات.

ولتحقيق هذا العمل: تجمع عدد المؤخرات الذى يجب أن يكون مساويا لعدد المقدمات: عدد المؤخرات = عدد المقدمات = ٣

٣- لحساب مناسيب النقط نبدأ بالنقطة المعروفة المنسوب وهى النقطة (٥) ومنسوبها ٢,١٨ متر. وبإضافة هذا المنسوب إلى قراءة القامة المذكورة أمام هذه النقطة، ينتج منسوب سطح الميزان لهذا الوضع فيدون أمام النقطة الرابعة حيث أنها محور الدوران الخاصة بهذا الوضع للميزان:

∴ م. س.م = ٢,١٨ + ١,١٢ = ٣,٣٠ أمتار

وعلى هذا يكون منسوب النقطة (٤) = م.س.م - قراءة القامة المدونة أمامها في خانة المؤخرات = ٣,٣٠ - ٠,٧٥ = ٢,٥٥ متر

ومنسوب النقطة (٦) = م.س.م- قراءة القامة المذكورة أمامها فى خانة المتوسطات
= ٣,٣٠- ٢,٥٣ = ٠,٧٧ مترا

ومنسوب النقطة (٧) = م.س.م- قراءة القامة المذكورة أمامها فى خانة المتوسطات
= ٣,٣٠- ٠,١٢ = ٣,١٨ مترا

وبما أن للنقطة (٧) محور دوران للميزان، فيتغير عندها منسوب سطح الميزان ويصبح كالآتى:

م.س.م = منسوب النقطة (٧) + قراءة القامة المذكورة فى خانة المؤخرات أمامها
= ٣,١٨ + ٣,٧٨ = ٦,٩٦ أمتار

فيدون هذا المقدار أمام هذه النقطة فى خانة (م.س.م)

م.س.م = منسوب النقطة (٨) - قراءة القامة المذكورة أمامها فى خانة المقدمات
= ٦,٩٦ - ١,٢٥ = ٥,٧١ مترا

ولإيجاد منسوب سطح الميزان للوضع الأول للميزان: تضاف قراءة القامة المذكورة فى خانة المقدمات أمام النقطة (٤) إلى منسوب هذه النقطة فيكون الناتج عبارة عن منسونب سطح الميزان لهذا الوضع، فيدون أمام النقطة (١) فى خانته الخاصة.

م.س.م = ٢,٥٥ + ٢,٠٧ = ٤,٦٢ أمتار

∴ منسوب النقطة (١) = م. س.م – قراءة القامة المذكورة في خانة المؤخرات أمامها

= ٤,٦٢ – ٢,٢٠ = ٢,٤٢ متر.

ومنسوب النقطة (٢) = م. س.م – قراءة القامة المذكورة في خانة المتوسطات أمامها

= ٤,٦٢ – ١,١٥ = ٣,٤٧ أمتار .

ومنسوب النقطة (٣) = م. س.م – قراءة القامة المذكورة في خانة المتوسطات أمامها

= ٤,٦٢ – ٠,٨٣ = ٣,٧٩ أمتار .

والجدول الآتي يبين القراءات مدونة ومناسيب النقط محسوبة بطريقة منسوب سطح الميزان.

قراءات القامه			م.س.م	المنسوب	النقطة	المسافة متر	ملاحظات
مؤخرات	متوسطات	مقدمات					
٢,٢٠			٤,٦٢	١,٤٢	١	صفر	
	١,١٥			٣,٤٧	٢	٢٠	
	٠,٨٣			٣,٧٩	٣	٤٠	
٠,٧٥		٢,٠٧	٣,٣٠	٢,٥٥	٤	٦٠	نقطة دوران للجهاز
	١,١٢			٢,١٨	٥	٨٠	روبير منسوبه ٢,١٨
	٢,٥٣			٠,٧٧	٦	١٠٠	نقطة دوران للجهاز
٣,٧٨		٠,١٢	٦,٩٦	٣,١٨	٧	١٢٠	
		١,٢٥		٥,٧١	٨	١٤٠	
٦,٧٣		٢,٤٤					المجموع

٤– ولتحقيق الميزانية حسابيا:

مجموع المؤخرات – مجموع المقدمات = ٦,٧٣ – ٣,٤٤ = ٣,٢٩ أمتار

منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة = ٥,٧١ – ٢,٤٢ = ٣,٢٩ أمتار

∴ العمل الحسابي صحيح.

٢- رسم القطاعات الطولية للميزانية

المثال الثالث:

أجريت ميزانية طولية لمسافة ٢٥٠ مترا فكانت قراءات القامة كالآتى: ٢,٧٢ ، ٢,١٥ ، ١,٧٠ (١,١٨)، ٠,٧٨ ، ١,٢٥ ، ١,٨٣ ، ٢,٠٧ ، ١,٧٥ (١,٣٥) ، ٢,٢٣ ، ١,٨٨ ، (٠,٦٥).

فإذا كانت القراءات بين الأقواس مقدمات وأن النقطة الأخيرة روبير منسوبة ٩,٠٨ أمتار وأن رصد القراءات كان يتم على مسافات متساوية كل ٢٥ مترا. والمطلوب معرفة مناسيب النقط بطريقة الإرتفاع والإنخفاض وتحقيق الميزانية مع رسم قطاع بمقياس أفقى ١ : ٢٠٠٠ ومقياس رأسى ١ : ١٠٠.

طريقة الإجابة:

١- تصميم جدول الميزانية وحساب مناسيب النقط:

حيث أن المطلوب حساب المناسيب بطريقة الإرتفاع والإنخفاض نصمم الجدول الخاص بهذه الطريقة وفى خانة «النقط» تكتب أرقام مسلسلة للنقط مبتدئين (١) على السطر الأول ثم (٢) على السطر الثانى وهكذا. وفى خانة «المسافات» يدون أمام النقطة (١) صفر، ثم أمام النقطة (٢) ٢٥ مترا وأمام النقطة (٣) ٥٠ مترا.. وهكذا.

ولتدوين قراءات القامة:

تدون القراءة الأولى (٢,٧٢) فى خانة المؤخرات أمام النقطة (١) ثم تدون القراءة الثانية فى خانة المتوسطات أمام النقطة (٢)، والقراءة الثالثة (١,٧٠) أمام النقطة (٣) فى خانة المتوسطات، ثم القراءة الرابعة بين القوسين (١,١٨) وهى مقدمة فتدون فى خانة المقدمات أمام النقطة (٤). وعلى هذا تكون القراءة الخامسة (٠,٧٨) مؤخرة للوضع الثانى للميزان وتدون فى خانة المؤخرات أمام نفس النقطة (٤). وتدون القراءات السادسة (١,٢٥) والسابعة (١,٨٣) والثامنة (٢,٠٧) والتاسعة (١,٧٥) فى خانة المتوسطات أمام النقط ٥، ٦، ٧، ٨ على التوالى.

أما القراءة العاشرة بين الأقواس (١,٣٥) فتدون أمام النقطة (٩) فى خانة المقدمات، وعلى ذلك تدون القراءة الحادية عشرة (٢,٢٣) فى خانة المؤخرات أمام هذه النقطة، وتدون القراءة ١٢ (١,٨٨) فى خانة المتوسطات أمام النقطة (١٠)، وتدون القراءة ١٣ (٢,٦٥) فى خانة المقدمات أمام النقطة (١١) حيث أنها القراءة الأخيرة.

ولحساب مناسيب النقط:

مجموع المؤخرات – مجموع المقدمات= منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة.

٥٧,٣ - ٥,١٨ = ٩,٠٨ – س

∴ ٠,٥٥ = ٩,٠٨ – س

∴ س = ٩,٠٨ – ٠,٥٥ = ٨,٥٣ مترا.

وبذلك نحصل على منسوب أول نقطة فى جدول الميزانية. ثم نحسب مناسيب باقى النقط بالطريقة التى سبق ذكرها فى المثال رقم (١)، ويجب أن يكون منسوب آخر نقطة مساويا لنفس المنسوب المذكور من قبل (٩,٠٨ أمتار) ثم يحقق العمل الحسابى للميزانية. والجدول التالى يبين مناسيب النقط.

قراءات القامه			ارتفاع	إنخفاض	المنسوب	النقطة	المسافة	ملاحظات
مؤخرات	متوسطات	مقدمات						
٢,٧٢					٨,٥٣	١	صفر	
	٢,١٥		٠,٥٧		٩,١٠	٢	٢٥	
	١,٧٠		٠,٤٥		٩,٥٥	٣	٥٠	
٠,٧٨		١,١٨	٠,٥٢		١٠,٧	٤	٧٥	نقطة دوران للميزان
	١,٢٥			٠,٤٧	٩,٦٠	٥	١٠٠	
	١,٨٣			٠,٥٨	٩,٠٢	٦	١٢٥	
	٢,٠٧			٠,٢٤	٨,٧٨	٧	١٥٠	
	١,٧٥		٠,٣٢		٩,١٠	٨	١٧٥	
٢,٢٣		١,٣٥	٠,٤٠		٩,٥٠	٩	٢٠٠	نقطة دوران للميزان.
	١,٨٨		٠,٣٥		٩,٨٥	١٠	٢٢٥	
		٢,٦٥		٠,٧٧	٩,٠٨	١١	٢٥٠	روبير منسوبه ٩,٠٨م
٥,٧٣		٥,١٨	٢,١٦	٢,٠٦		المجموع		

التحقيق الحسابى:

مجموع المؤخــرات – مجموع المقدمــات = ٥,٧٣ – ٥,٢٨ = ٠,٥٥ مترا.

مجموع الإرتفاعات – مجموع الإنخفاضات = ٢,٦١ – ٢,٠٦ = ٠,٥٥ مترا.

منسوب آخر نقــطة – منسـوب أول نقــطة = ٩,٠٨ – ٨,٥٣ = ٠,٥٥ مترا.

∴ العمل الحسابى صحيح.

٢– رسم القطاع الطولى:

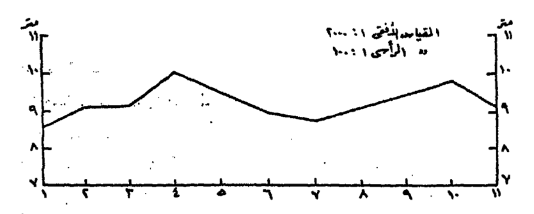
يستعمل فى رسم القطاعات ورق مربعات مقسم إلى سنتيمرات وملليمترات حتى يمكن تفادى كثرة إستعمال القياس بالمسطرة والمثلث لإقامة الأعمدة وتوفير الوقت والجهد فى حالة إستخدام الورق الأبيض.

ويتبع مايأتى:

(أ) يرسم خطا أفقيا يمثل مستوى المقارنة، وهو إما أن يكون صفرا أى مستوى سطح البحر أو يكون أقل قليلا من أقل منسوب فى جدول الميزانية وسنعتبره فى هذا المثال ٧,٠٠ أمتار.ويكون طول هذا الخط مساويا لطول المسافة بين أول نقطة وآخر نقطة فى جدول الميزانية أى أن طوله = ٢٥٠ مترا = ١٢,٥ سم حسب مقياس الرسم.

(ب) يقام عمودان عند نهايتى هذا الخط الأفقى مقسمان إلى أقسام متساوية طبقا لمقياس الرسم، كل قسم = ١ سم = ١ متر. ويكتب عند نهاية القسم الأول ٨ أمتار ونهاية القسم الثانى ٩ أمتار ونهاية القسم الثالث ١٠ أمتار ونهاية القسم الرابع والأخير ١١ مترا، ويكتفى بذلك حيث أنه لاتوجد نقط يزيد منسوبها عن ١١ مترا.

تحدد المسافات بين النقط على الخط الأفقى وتبين أماكن النقط على هذا الخط، ثم يوقع منسوب كل نقطة عموديا عليها طبقا لما يقابله، على المقياس الرأسى. والشكل رقم (١٩٤) يبين القطاع الطولى لهذا المثال.



شكل رقم (١٩٤) قطاع طولى للميزانية

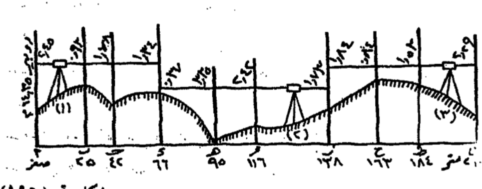
ويراعى دائما أن يكون المقياس الرأسى كبيراً حتى يمكن إبراز التفاوت فى مناسيب النقط المختلفة الذى قد يكون طفيفا جدا بدرجة لاتظهره بوضوح إذا كان المقياس الرأسى أصغر من اللازم. كما أنه كلما كبر المقياس الرأسى كلما زادت الدقة فى بيان مناسيب النقط بوضوح.

أما المقياس الأفقى فيتناسب مع طول المشروع الذى أجريت له الميزانية وطول ورق الرسم المستعمل.

٣- حساب كميات الحفر والردم

المثال الرابع:

الشكل الآتى رقم (١٩٥) يبين كروكى لقطاع ميزانية طولية لمنطقة مطلوب مد ماسورة مياه بها، والمطلوب عمل جدول ميزانية مبين فيه الأرصاد المذكورة فى هذا الكروكى وحساب مناسيب النقط بطريقة منسوب سطح الميزان وحساب كميات الحفر والردم حتى يمكن وضع الماسورة أفقية على منسوب ١٤,٠٠ مترا، علما بأن الحفر والردم كان يتم عموديا بدون ميول بعرض ٠,٨٠ متر.



شكل رقم (١٩٥)

طريقة الإجابة:

(أ) حساب المناسيب وتحقيق الميزانية:

١- يصمم جدول ميزانية كامل بطريقة منسوب سطح الميزان.

٢- يلاحظ من الكروكى أن إتجاه الميزانية من نقطة أ إلى نقطة ى، لهذا توضع القراءة الأولى (٢,٤٥ مترا) فى السطر الأول فى خانة المؤخرات لأنها أول قراءة أخذت بعد وضع الجهاز وضبط أفقيته، كما يوضح فى نفس السطر فى خانة «المنسوب» منسوب هذه النقطة (١٤,٣٥ مترا) ويدون فى خانة الملاحظات رقم الروبير ووصفه.

٣- ويتضح من الكروكى أيضا أن قراءتى القامة على النقطتين ب، جـ متوسطات، لهذا توضعان فى خانة المتوسطات أمامهما.

٤- نجد أن النقطة د عليها قراءتين للقامة، الأولى (١,٣٤) تجاه الوضع الأول للميزان، فتعتبر مقدمة وتدون فى خانة المقدمات، والثانية (٠,٢٧) تجاه الوضع الثانى للميزان، فتعتبر مؤخرة وتدون فى خانة المؤخرات. وأمام هذه النقطة يدون فى خانة الملاحظات أنها نقطة دوران للميزان.

٥- النقطتان هـ، و متوسطتان، ولهذا توضع قراءتى القامة عليهما فى خانة المتوسطات أمام كل منهما.

٦- النقطة ز نقطة دوران للميزان من وضعه الثانى إلى وضعه الثالث، وعلى هذا تعتبر القراءة (١,٧٣) مقدمة والقراءة (١,٨٤) مؤخرة، وتدون كل منهما فى الخانة الخاصة بها ويدون فى خانة الملاحظات أن هذه النقطة نقطة الدوران.

٧- النقطتان ح، ط متوسطتان فتدون قراءاتهما فى خانة المتوسطات أمام كل منهما.

٨- النقطة ى، آخر نقطة فى خط الميزانية، ولهذا فتعتبر قراء القامة عليها مقدمة وتدون فى خانة المقدمات.

والجدول التالي يبين حساب المناسيب بطريقة منسوب سطح الميزان.

قراءات القامه			م.س.م	المنسوب	النقطة	المسافة	ملاحظات
مؤخرات	متوسطات	مقدمات					
٢,٤٥			١٦,٨٠	١٤,٣٥	أ	صفر	روبير منسوبه ١٤,٣٥ مترا
	٠,٩٣			١٥,٨٧	ب	٢٥	
	١,٧٨			١٥,٠٢	جـ	٤٢	
٠,٢٧		١,٣٤	١٥,٧٣	١٥,٤٦	د	٦٦	نقطة دوران للميزان
	٣,٣٥			١٢,٣٨	هـ	٩٥	
	٢,٤٢			١٣,٣١	و	١١٦	
١,٨٤		١,٧٣	١٥,٨٤	١٤,٠٠	ز	١٣٨	نقطة دوران للميزان
	٠,٨٤			١٥,٠٠	ح	١٦٣	
	١,٥٣			١٤,٣١	ط	١٨٤	
		٢,٢٩		١٣,٥٥	ى	٢١٠	
٤,٥٦		٥,٣٦					

تحقيق العمل الحسابي:

مجموع المؤخرات – مجموع المقدمات = ٤,٥٦ – ٥,٣٦ = – ٠,٨٠ متر

منسوب آخر نقطة – منسوب أول نقطة = ١٣,٥٥ – ١٤,٣٥ = – ٠,٨٠ متر

(ب) حساب كميات الحفر والردم:

١– يرسم قطاع دقيق للميزانية بمقياس رسم مناسب أفقي ورأسي وقد تم إختيار المقياس الأفقي ١ : ١٠٠٠ والمقياس الرأسي ١ : ١٠٠ ثم يرسم خطاً على منسوب ١٤,٠٠ متراً يمثل الماسورة كما في القطاع المبين (الشكل ١٨٣) فتعتبر أجزاء القطاع التي تعلو عن هذا المنسوب مطلوب حفرها، أما الأجزاء الأقل عن ١٤,٠٠ متراً فمطلوب ردمها، ويمكن تظليل هذين الجزئين حتى يمكن تمييزها

بسـهولة. وبالنظر إلى هذا القطاع نجد أن خط الماسـورة يلتقى بخط القطاع فى ثلاث نقط: الأولى (س) على بعد ٨٠ مترا من بداية الميزانية والثانيـة (ز) على بعد ١٣٨ مترا وهى نقطة أساسية رصد منسوبها بالميزان، أما الثالثة فهى (ص) وتبعد ١٩٦ مترا عن أول الميـزانيـة. ومنسـوب كل من هذه النقط ١٤,٠٠ متـرا. وتعين هذه النقط على المحور الأفقى للقطاع كما تحسب أبعادها عن أول الميزانية وتدون فى خانة المسافات فى الجدول الموجود بأسفل القطاع.

٢- يصمم فى أسفل القطاع جدول أفقى بطول القطاع تبدأ خاناته بخانة المسـافات يدون فيها البعد بين كل نقطة على القطاع وبداية الميزانية. ثم خانة المنسوب ويدون فيها منسوب كل نقطة. ويراعى أن تكون الكتابة أسفل كل نقطة تماما حتى يسهل العمل الحسابى.

أما الخانة الثالثة فيدون فيها منسوب الإنشاء وهو منسوب الماسورة أما الخانة الرابعة فهى قسمان الأول خاص بإرتفاع الحفر والثانى خاص بإرتفاع الردم، وهما عبارة عن الفرق بين منسوب الماسورة ومنسوب النقطة.

والخانة التى تليها، وهى قسمان أيضا، فيدون فيهما مسطح الحفر أو الردم ويحسب على أساس متوسط الفرق بين منسوب خط الإنشاء ومنسوب النقطة لنقطتين متتاليين مضروبا فى المسافة بينهما.

وتخصص الخانة الأخيرة بقسميها لمكعبات الحفر أو الردم، ويتم حسابها بضرب مسطح الحفر أو الردم × عرض الحفر أو الردم (٠,٨٠ مترا)

وفيما يلى حساب كميات الحفر والردم

١- إرتفاع الحفر أو الردم = منسوب النقطة - منسوب الإنشاء.

(إذا كان ناتج الطرح بالموجب يدل على حفر والعكس إذا كان سالبا)

نقطة أ = ١٤,٣٥ – ١٤,٠٠ = ٠,٣٥ متر (حفر)

نقطة ب = ١٥,٨٧ – ١٤,٠٠ = ١,٨٧ متر (حفر)

نقطة جـ = ١٥,٠٢ – ١٤,٠٠ = ١,٠٢ متر (حفر)

نقطة د = ١٥,٤٦ – ١٤,٠٠ = ١,٤٦ متر (حفر)

نقطة س = ١٤,٠٠ – ١٤,٠٠ = صفر متر

نقطة هـ = ١٢,٣٨ – ١٤,٠٠ = – ١,٦٢ متر (ردم)

نقطة و = ١٣,٣١ – ١٤,٠٠ = – ٠,٦٩ متر (ردم)

نقطة ز = ١٤,٠٠ – ١٤,٠٠ = صفر متر

نقطة ح = ١٥,٠٠ – ١٤,٠٠ = ١,٠٠ متر (حفر)

نقطة ط = ١٤,٣١ – ١٤,٠٠ = ٠,٣١ متر (حفر)

نقطة ص = ١٤,٠٠ – ١٤,٠٠ = صفر متر

نقطة ى = ١٣,٥٥ – ١٤,٠٠ = – ٠,٤٥ متر (ردم)

تدون هذه النتائج فى خانتى إرتفاع الحفر والردم حسب ما هو مبين.

٢– حساب مسطح الحفر والردم:

من شكل القطاع تميز أشكال هندسية إما أشباه منحرفات أو مثلثات كما يتضح ذلك من الشكل (١٩٦) ويمكن ايجاد مساحة كل منهما كما يأتى

حساب مسطح الحفر فى حالة أشباه المنحرفات:

= $\frac{١}{٢}$ (ارتفاع الحفر للنقطة + إرتفاع الحفر للنقطة التى تليها) × المسافة بين النقطتين

وحساب مسطح الحفر فى حالة المثلثات:

= $\frac{١}{٢}$ [إرتفاع الحفر للنقطة × المسافة بين النقطتين]

وكذلك الحال عند حساب مسطح الردم.

وفيما يلى حساب مسطحات الحفر والردم للأجزاء المرقمة بالقطاع.

مسطح القطاع (١) = ١/٢ (٠,٣٥ + ١,٨٧) × (٢٥ − صفر) = ٢٧,٢٥ متر^{٢} (حفر)

مسطح القطاع (٢) = ١/٢ (١,٨٧ + ١,٠٢) × (٤٢ − ٢٥) = ٢٤,٥٦٥ متر^{٢} (حفر)

مسطح القطاع (٣) = ١/٢ (١,٠٢ + ١,٤٦) × (٦٦ − ٤٢) = ٢٩,٧٦ متر^{٢} (حفر)

مسطح القطاع (٤) = ١/٢ × ١,٤٦ × (٨٠ − ٦٦) = ١٠,٢٢ متر^{٢} (حفر)

مسطح القطاع (٥) = ١/٢ × ١,٦٢ × (٩٥ − ٨٠) = ١٢,١٥ متر^{٢} (ردم)

مسطح القطاع (٦) = ١/٢ (١,٦٢ + ٠,٦٩) × (١١٦ − ٩٥) = ٢٤,٢٥٥ متر^{٢} (ردم)

مسطح القطاع (٧) = ١/٢ × ٠,٦٩ × (١٣٨ − ١١٦) = ٧,٥٩ متر^{٢} (ردم)

مسطح القطاع (٨) = ١/٢ × ١,٠٠ × (١٦٣ − ١٣٨) = ١٢,٥٠ متر^{٢} (حفر)

مسطح القطاع (٩) = ١/٢ (١,٠٠ + ٠,٣١) × (١٨٤ − ١٦٣) = ١٣,٧٥٥ متر^{٢} (حفر)

مسطح القطاع (١٠) = ١/٢ × ٠,٣١ × (١٩٦ − ١٨٤) = ١,٨٦ متر^{٢} (حفر)

مسطح القطاع (١١) = ١/٢ × ٠,٤٥ × (٢١٠ − ١٩٦) = ٣,١٥ متر^{٢} (ردم)

٣- حساب كميات الحفر والردم:

تجمع مسطحات القطاعات الخاصة بالحفر ويضرب مجموعها فى عرض الحفر فينتج كمية الحفر الناتج وكذلك الحال بالنسبة للردم.

مجموع مسطحات الحفر = ٢٧,٢٥ + ٢٤,٥٦٥ + ٢٩,٧٦ + ١٠,٢٢ + ١٢,٥ + ١٣,٧٥٥ + ١,٨٦ = ١١٩,٩١ م^{٢}

∴ كمية الحفر الناتجة = ١١٩,٩١ × ٠,٨٠ = ٩٥,٩٢٨ م^{٢}

مجموع مسطحات الردم = ١٢,١٥ + ٢٤,٢٥٥٥ + ٧,٥٩ + ٣,١٥

= ٤٧,١٤٥ م^{٢}

∴ كمية الردم اللازمة = ٤٧,١٤٥ × ٠,٨٠ = ٣٧,٧١٦ متر^{٣}

	أ	ب	جـ	د	س	هـ	و	ز	ح	ط	ص	
المسافة متر	صفر	٢٥٫٠٠	٤٣٫٠٠	٦٦٫٠٠	٨٠٫٠٠	٩٥٫٠٠	١١٠٫٠٠	١٣٨٫٠٠	١٦٣٫٠٠	١٨٤٫٠٠	١٩٦٫٠٠	٢١٠٫٠٠
المنسوب متراً	١٤٫٣٥	١٥٫٨٧	١٥٫٠٢	١٥٫٤٦	١٤٫٠٠	١٢٫٦٨	١٣٫٣١	١٤٫٠٠	١٥٫٠٠	١٤٫٣١	١٤٫٠٠	١٣٫٥٥
منسوب الإنشاء	١٤٫٠٠	١٤٫٠٠	١٤٫٠٠	١٤٫٠٠	١٤٫٠٠	١٤٫٠٠	١٤٫٠٠	١٤٫٠٠	١٤٫٠٠	١٤٫٠٠	١٤٫٠٠	١٤٫٠٠
إرتفاع الحفر أو الردم	+٠٫٣٥	+١٫٨٧	+١٫٠٢	+١٫٤٦	صفر	-١٫٣٢	-٠٫٦٩	صفر	+١٫٠٠	+٠٫٣١	صفر	-٠٫٤٥
مسطح الحفر أو الردم	+٢٧٫٩٥	+٢٤٫٥٦	٢٨٫٦٣	١٠٫٣٢	١٢٫١٥	-٢٤٫٧٥	-٧٫٥٩	+١٢٫٥٠	١٢٫٧٥	+١٫٨٢	-٣٫١٥	
مكعب الحفر	مجموع مسطحات الحفر × العرض = ١١٩٫٩١ × ٠٫٨٠ = ٩٥٫٩٢٨ م٣											
مكعب الردم	مجموع مسطحات الردم × العرض = ٤٧٫١٤٥ × ٠٫٨٠ = ٣٧٫٧١٦ م٣											

شكل (١٩٣) قطاع الميزانية وحساب كميات الحفر والردم

المثال الخامس:

أخذت المناسيب الآتية على محور طريق يراد إنشاؤه بعرض ٨ أمتار وميول جانبية ٢ :٣ فى الحفر والردم، علما بأن المسافات بين النقط متساوية كل ٢٠ متراً.

النقطة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧
المنسوب بالمتر	٢٧,٥٣	٢٨,١٢	٢٧,٨٠	٢٧,٠٣	٢٥,٧٠	٢٤,٧٢	٢٤,٥٦
النقطة	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤
المنسوب بالمتر	٢٤,٩١	٢٥,٢٠	٢٦,٢٧	٢٥,٨٠	٢٥,٠٠	٢٤,٥٥	٢٤,٦٨

فإذا كان منسوب إنشاء الطريق عند النقطة (١) ٢٦,٥٠ مترا وينحدر إلى أسفل مسافة ١٦٠ متر بنسبة ١/١٠٠ ثم ينحدر بنسبة ١/٢٠٠ مسافة ١٠٠ متر أخرى، ويصبح أفقيا المسافة المتبقية.

المطلوب: رسم قطاع طولى لسطح الأرض والطريق المقترح بمقياس أفقى ١:١٣٠٠ ومقياس رأسى ١:١٠٠ وحساب كميات الحفر والردم.

طريقة الإجابة:

١- رسم القطاع:

يرسم المحورين الأفقى والرأسى للقطاع طبقا للمقياس الرسم، فيكون طول المحور الأفقى للقطاع (مستوى المقارنة) كل ١ سم = ١٣ متر

طول القطاع = ٢٦٠ ÷ ١٣ = ٢٠ سم

فيرسم خطا أفقيا على ورقة المربعات طوله ٢٠ سم ويقسم إلى أقسام كل منها ٢٠ مترا.

أما المحور الرأسى فكل ١ سم = ١ متر، ويعتبر منسوب ٢٤,٠٠ مترا مستوى المقارنة حيث لاتوجد مناسيب أقل منه فى جدول المناسيب.

بعد ذلك توقع المناسيب المذكورة أمام كل نقطة على المحور الأفقى للقطاع طبقا لما يقابلها من المحور الرأسى، ثم توصل نقط المناسيب فيتم بذلك رسم قطاع لسطح الأرض.

ولرسم خط الإنشاء ويقصد به القطاع الطولى لمحور الطريق المقترح، نجد أن الطريق ينحدر فى المائة متر الأولى بنسبة ١:١٠٠ أى ينخفض مترا كل ١٠٠ متر، وبما أن منسوبه عند النقطة (١) ٢٦,٥٠ مترا، فيكون منسوبه بعد ١٠٠ متر أى عند النقطة (٦) = ٢٥,٥٠ مترا.

ولحساب مناسيب خط الإنشاء (محور الطريق) عند النقط ٢، ٣، ٤، ٥ نجري الآتي:

نسبة الإنحدار : ١٠٠ أى متر كل ١٠٠ متر

∴ مقدار الإنحدار فى مسافة ٢٠ متر = ٢٠ سم.

فيكون المنسوب عند النقطة

(٢) = ٢٦,٥٠ - ٠,٢٠ = ٢٦,٣٠ مترا

(٣) = ٢٦,٣٠ - ٠,٢٠ = ٢٦,١٠ مترا

(٤) = ٢٦,١٠ - ٠,٢٠ = ٢٥,٩٠ مترا

(٥) = ٢٥,٩٠ - ٠,٢٠ = ٢٥,٧٠ مترا

(٦) = ٢٥,٧٠ - ٠,٢٠ = ٢٥,٥٠ مترا

أما فى المائة متر الثانية فتتغير نسبة الإنحدار إلى ١ : ٢٠٠، أى أن الطريق ينخفض منسوبه مترا كل ٢٠٠ متر. أى ينخفض ١/٢ متر فى مسافة ١٠٠ متر. وعلى هذا يكون منسوبه عند النقطة (١١) التى تبعد ٢٠٠ مترا من بداية القطاع، ١٠٠ مترا من النقطة (٦) = ٢٥,٥٠ - ٠,٥٠ = ٢٥,٠٠ مترا وتكون مناسيب النقط ٧، ٨، ٩، ١٠ كالآتى:

.·. الطريق ينخفض مترا كل ٢٠٠ متر أى ١٠ سم كل ٢٠ مترا.

.·. منسوبه عند النقطة (٧) = ٢٥,٥٠ - ٠,١٠ = ٢٥,٤٠ مترا

ومنسوبه عند النقطة (٨) = ٢٥,٤٠ - ٠,١٠ = ٢٥,٣٠ مترا

ومنسوبه عند النقطة (٩) = ٢٥,٣٠ - ٠,١٠ = ٢٥,٢٠ مترا

ومنسوبه عند النقطة (١٠) = ٢٥,٢٠ - ٠,١٠ = ٢٥,١٠ مترا

ومنسوبه عند النقطة (١١) = ٢٥,١٠ - ٠,١٠ = ٢٥,٠٠ مترا .

أما فى المسافة الباقية من القطاع أى من النقطة (١١) إلى النقطة (١٤)، فنجد أن محور الطريق يصبح أفقيا، أى أن منسوبه فى كل من هذه النقط = ٢٥,٠٠ متر.

ومن واقع هذه المناسيب لمحور الطريق يرسم خط الإنشاء على القطاع وتظلل مناطق الحفر ومناطق الردم، كما تدون هذه المناسيب فى خانة «منسوب خط الإنشاء» بالجدول أسفل القطاع تحت كل نقطة.

٢- حساب كميات الحفر والردم:

(أ) يمكن حساب إرتفاع الحفر أو الردم من واقع مناسيب سطح الأرض

ومناسيب خط الإنشاء ويدل شكل القطاعين ما إذا كان هذا الإرتفاع حفراً أم ردما.

إرتفاع الحفر أو الردم = منسوب النقطة - منسوب خط الإنشاء

وإذا كان الناتج موجبا دل ذلك على أنه حفر، أما إذا كان سالبا فيدل على أنه ردم.

ويدون الناتج فى خانة إرتفاع الحفر أو الردم كما هو واضح فى الشكل رقم (١٩٧).

(ب) ولحساب مسطح الحفر أو الردم:

نجد أن عرض الطريق المطلوب إنشاؤه ٨ أمتار والميول الجانبية بنسبة ٢:٣، وهذه الميول الغرض منها دعم جوانب الطريق حتى لاتنهار إذا كانت جوانبه رأسية. ولحساب نسبة الميل نجد أن الجانب الرأسي للميل = ٢/٣ الجانب الأفقى أو العكس أي أن الجانب الأفقى = ٣/٢ الجانب الرأسى، فإذا كان الجانب الأفقى = ٣ كان الجانب الرأسى = ٢ (وحدة).

أى أن مسطح قطاع الطريق عند أى نقطة عبارة عن شبه منحرف، طول قاعدته الصغرى (السفلى فى حالة الحفر والعليا فى حالة الردم) = ٨ أمتار.

وطول قاعدته الكبرى= طول القاعدة الصغرى + ضعف (٣/٢ الفرق بين منسوب القاعدتين).

وإرتفاعه = الفرق بين منسوب خط الإنشاء ومنسوب الأرض

وعلى هذا يكون مسطح الطريق عند النقطة (١)

طول القاعدة الصغرى = ٨ أمتار، إرتفاعه = ١,٠٣ متر

طول قاعدته الكبرى = ٨ + ٢ (٣/٢ × ١,٠٣)= ١١,٠٩ مترا

$\therefore$ المسطح = $\frac{١١,٠٩ + ٨}{٢}$ × ١,٠٣ = ٩,٨٣١٣٥ متر^{٢}

ومسطح قطاع الطريق عند النقطة (٢).

طول قاعدة شبه المنحرف الصغرى = ٨ أمتار، إرتفاعه = ١,٨٢ متر

طول قاعدته الكبرى = ٨ + ٢($^{٣}/_{٢}$ × ١,٨٢) = ١٣,٤٦ مترا.

$$\therefore \text{المسطح} = \frac{١٣,٤٦ + ٨}{٢} \times ١,٨٢ = ١٩,٥٢٨٦ \text{ متر}^٢$$

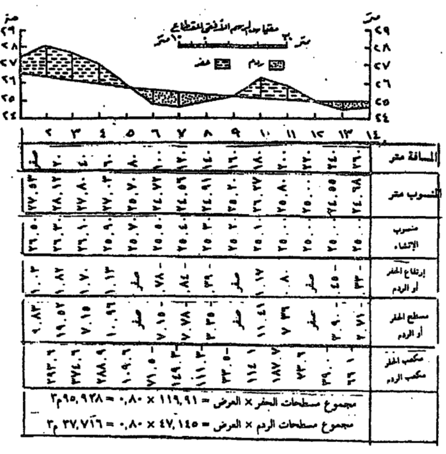
ومسطح قطاع الطريق عند النقطة (٦)

طول قاعدته شبه المنحرف الصغرى = ٨ أمتار، إرتفاعه = ٠,٧٨ متر

طول قاعدته العليا = ٨ + ٢ ($^{٣}/_{٢}$ × ٠,٧٨) = ١٠,٣٤ متر

$$\therefore \text{المسطح} = \frac{١٠,٣٤ + ٨}{٢} \times ٠,٧٨ = ٧,١٥٢٦ \text{ متر}^٢$$

وبنفس الطريقة يمكن إيجاد قطاع الطريق عند باقي نقط القطاع. ويدون الناتج أمام كل نقطة في خانتي مسطح القطاعات العرضية للحفر أو الردم. ويكتفى بكتابة الأرقام لأقرب رقمين عشريين مع التقريب. أما النقط ٥، ٩، ١٢ فنجد أن مساحة القطاع عندها = صفر إذ أن منسوب خط الإنشاء منطبقا على منسوب سطح الأرض ولن تكون هناك حاجة إلى ميول لحفظ جوانب الطريق.



	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤
المسافة متر	صفر	٢٠	٤٠	٦٠	٨٠	١٠٠	١٢٠	١٤٠	١٦٠	١٨٠	٢٠٠	٢٢٠	٢٤٠	٢٦٠
المنسوب متر	٢٧.٥٣	٢٨.١٢	٢٧.٨٠	٢٧.٠٣	٢٥.٧٠	٢٤.٧٢	٢٤.٥٦	٢٤.٩١	٢٥.٢٠	٢٦.٢٧	٢٥.٨٠	٢٥.٠٠	٢٤.٥٥	٢٤.٦٨
منسوب الإنشاء	٢٦.٥٠	٢٦.٣٠	٢٦.١٠	٢٥.٩٠	٢٥.٧٠	٢٥.٥٠	٢٥.٤٠	٢٥.٣٠	٢٥.٢٠	٢٥.١٠	٢٥.٠٠	٢٥.٠٠	٢٥.٠٠	٢٥.٠٠
إرتفاع الحفر أو الردم	١.٠٣	١.٨٢	١.٧٠	١.١٣	صفر	٠.٧٨-	٠.٨٤-	٠.٣٩-	صفر	١.١٧	٠.٨٠	صفر	٠.٤٥-	٠.٣٢-
مسطح الحفر أو الردم	٩.٨٣	١٩.٥٢	٧.١٥	١٠.٩٩	صفر	٧.١٥-	٧.٧٨-	٣.٢٥-	صفر	١١.٤١	٧.٣٣	صفر	٣.٩٠-	٣.٧١-
مكعب الحفر مكعب الردم		٢٩٣.٣	٣٧٤.٣	٢٨٨.٩	١٠٩.٣	٧١.٥-	١٤٩.٣-	١١١.٣-	٣٢.٥-	١١٤.١	١٨٧.٧	٧٣.٣	٣٩.٠-	٣٦.١-

مجموع مسطحات الحفر × العرض = ١١٩,٩١ × ٠,٨٠ = ٩٥,٩٢٨م٣

مجموع مسطحات الردم × العرض = ٤٧,١٤٥ × ٠,٨٠ = ٣٧,٧١٦ م٣

شكل رقم (١٩٧) حساب كميات الحفر والردم

(جـ) حساب كميات الحفر أو الردم:

يتم حساب مكعبات الحفر أو الردم بإيجاد متوسط مسطح قطاعين عرضيين متتاليين ثم يضرب هذا المتوسط فى طول المسافة بينهما.

أى كمية الحفر الناتجة بين نقطتى (١)، (٢)

= ½ (مسطح القطاع العرضى عند النقطة (١) + مسطح القطاع العرضى عند النقطة (٢)) × البعد بين النقطتين.

= ½ (٩,٨٣ + ١٩,٥٣) × (٢٠ – صفر) = ٢٩٣,٦ متر^{3}

كمية الحفر بين ٢، ٣ = ½ (١٩,٥٣ + ١٧,٩٣) × (٤٠ – ٢٠) = ٣٧٤,٦ متر^{3}

كمية الحفر بين ٣، ٤ = ½ (١٧,٩٣ + ١٠,٩٦) × (٦٠ – ٤٠) = ٢٨٨,٩ متر^{3}

كمية الحفر بين ٤، ٥ = ½ × ١,٩٦ × (٨٠ – ٦٠) = ١٠٩,٦ متر^{3}

كمية الحفر بين ٥، ٦ = ½ × ٧,١٥ × (١٠٠ – ٨٠) = ٧١,٥ متر^{3}

ويتم حساب مكعبات الحفر والردم بالنسبة لباقى المسافات بهذه الطريقة، ويدون الناتج فى خانتى كمية الحفر أو الردم.

فيكون مجموع كميات الحفر الناتجة =

٢٩٣,٦ + ٣٧٤,٦ + ٢٨٨,٩ + ١٠٩,٦ + ١١٤,١ + ١٨٧,٧ + ٧٣,٦ = ١٤٤٢,١ م^{3}

ومجموع كميات الردم اللازمة =

٧١,٥ + ١٤٩,٣ + ١١١,٣ + ٣٣,٥ + ٣٩,٠ + ٦٦,١ = ٤٧٠,٧ م^{3}.

٤– الميزانية الشبكية

المثال السادس:

أثناء إجراء ميزانية شبكية لمنطقة مستطيلة طولها ٢٤٠ مترا وعرضها ١٨٠ مترا وكانت قطاعاتها مرتبة من أسفل إلى أعلى ومناسيب النقط من اليسار إلى اليمين كما فى الجدول.

القطاع النقطة	أ	ب	جـ	د	هـ	و	ز
(١)	١٢,٤٠	١٤,٠٠	١٦,١٠	١٧,٨٠	١٨,٥٠	٢٠,٢٠	٢١,٨٠
(٢)	١٥,٣٠	١٣,٩٠	١٤,٣٠	١٥,٤٠	١٦,٥٠	١٧,٨٠	١٨,٤٠
(٣)	١٧,٢٠	١٦,٦٠	١٦,٠٠	١٧,١٠	١٩,٠٠	٢٠,٤٠	١٩,٧٠
(٤)	١٩,٨٠	١٩,٣٠	١٨,٦٠	١٨,١٠	١٨,٠٠	١٩,٨٠	٢٠,٨٠

والمطلوب توقيع هذه الميزانية على لوحة بمقياس ١ : ٢٠٠٠ علما بأن المسافات بين القطاعات وبين النقط متساوية، مع رسم خريطة كنتورية للمنطقة بفاصل رأسي متر واحد.

طريقة الإجابة:

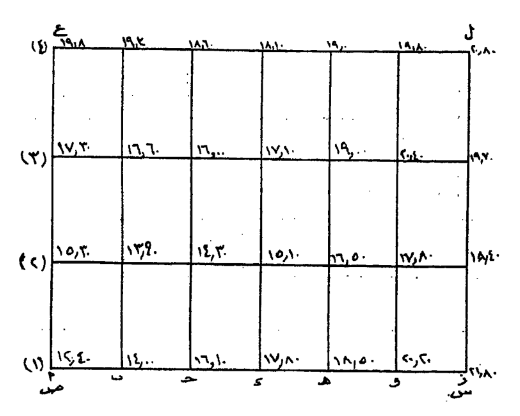
١ - يرسم المستطيل س ص ع ل طوله ٢٤٠ مترا وعرضه ١٨٠ مترا طبقا لمقياس الرسم (أى ١٢ × ٩ سم). فيمثل الضلع س ص القطاع الأول والضلع ل ع القطاع الرابع. وبتقسيم الضلع ص ع إلى ثلاثة أقسام كل منها = ٦٠ مترا، يتحدد بذلك بدايتي القطاعين الثاني والثالث فنجدهما موازيان للضلع س ص ، ويدون على كل قطاع رقمه.

ولتحديد نقط المناسيب المذكورة على كل قطاع:

المسافة بين كل نقطتين متتاليتين على القطاع

$$= \frac{\text{طول القطاع}}{\text{عدد النقط} - ١} = \frac{٢٤٠}{٧ - ١} = ٤٠ \text{ مترا.}$$

فيكتب أسفل ص ع نقطة أ وبعد ٤٠ مترا منها (أى ٢ سم) يقام عمود على الضلع س ص يقطع باقي القطاعات فيتحدد بذلك نقطة ب على كل



شكل (١٩٨) توقيع الميزانية الشكبية

قطاع، وبعد ٨٠ مترا من أ يقام عمود آخر فتحدد نقطة جـ على كل قطاع وهكذا حتى ننتهي بالضلع س ل فيكتب أسفله نقطه ز. وبعد رسم شبكة النقط يكتب على كل نقطة على كل قطاع منسوبها كما في الشكل (رقم ١٩٨)

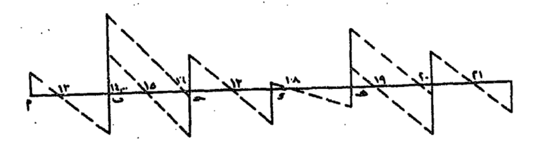
٢- ولرسم خطوط الكنتور نتبع مايأتي:

نبدأ بالمسافة بين النقطتين أ، ب على القطاع الأول، فنجد أن منسوب أ = ١٢,٤٠ مترا، منسوب ب = ١٤,٠٠ مترا، أى أنه في المسافة بين أ ،ب توجد نقطة منسوبها ١٣,٠٠ مترا. ولتحديد هذه النقطة: نمد عمودين متضادين عند نقطتي أ، ب بحيث يكون طوله عند أ = ١٣,٠٠ - ١٢,٤٠ = ٠,٦٠ (وحدة) وطوله عند ب = ١٤,٠٠ - ١٣,٠٠ = ١,٠٠ (وحده) [يكون طول العمودين بأى وحدات مختارة وليس ضروريا أن يكون بنفس مقياس الرسم]، ثم نصل بين نهايتي هذين العمودين فيقطع الخط الواصل بينهما المسافة أ ب في نقطة هي نقطة منسوب ١٣,٠٠ متر

ويكررا العمل بين نقطتي ب، جـ فنجد أنه في المسافة بينهما يوجد منسوبي ١٥,٠٠ ، ١٦,٠٠ مترا. ولتحديدهما: نقيم عمودا من نقطة ب طوله وحدة واحدة وعمودا مضادا له من نقطة حـ طوله = ١٦,١٠ - ١٥,٠٠ = ١,١ وحده، ثم نصل خطا بين نهايتى هذين العمودين فيقطع المسافة ب حـ في نقطة ذات منسوب = ١٥ مترا. ثم نمد العمود المقام عند النقطة ب ليصبح طوله وحدتين أما العمود المقام عند نقطة حـ طوله = ٠,١ وحدة، ونصل بين نهايتيهما فتتحدد النقطة ذات المنسوب ١٦ مترا على الخط ب حـ.

ويكرر العمل بنفس هذه الطريقة بالنسبة لباقى المسافات على هذا القطاع ثم ننتقل إلى القطاعات التى تليه، ويجرى نفس العمل على المسافات بين النقط المتماثلة بين كل قطاعين متتاليين (مثل المسافة من نقطة أ على القطاع (١) إلى نقطة أ على القطاع (٢) حتى تحدد جميع نقط الكنتور.

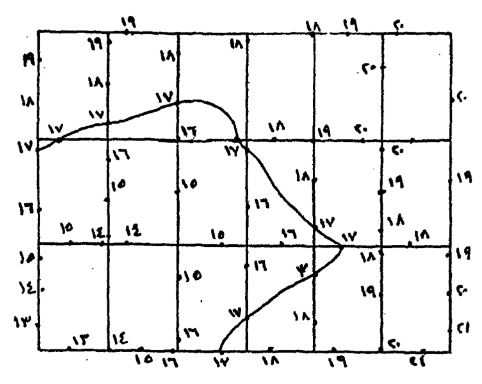
والشكل رقم (١٩٩) يبين تحديد نقط الكنتور على القطاع (١).



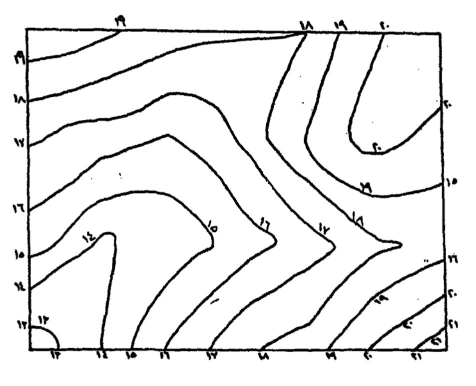
شكل (١٩٩) توضيح نقط الكنتور على خط القطاع (١)

وبعد الإنتهاء من تحديد نقط الكنتور على جميع الأضلاع بشبكة الميزانية يصبح لدينا الشكل رقم (٢٠٠).

ومن تعريف خط الكنتور بأنه «خط وهمي يصل بين مناسيب النقط التى تتساوى فى إرتفاعها عن منسوب سطح البحر أو مستوى المقارنة» نقوم بتوصيل كل مجموعة من النقط التى تتساوى فى منسوبها بخط كنتورى ويرقم تبعا لمنسوب النقط التى يصل بينها فنحصل بذلك على خريطة كنتورية للمنطقة كما فى الشكل رقم (٢٠١).



شكل رقم (٢٠٠) نقط الكنتور على شبكة الميزانية مع بيان خط كنتور ١٧ متر



شكل رقم (٢٠١) الخريطة الكنتورية للمنطقة

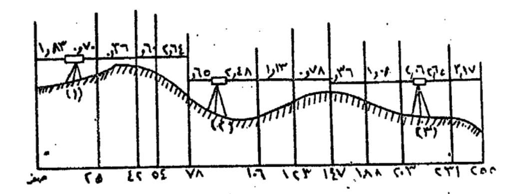
تمارين على الميزانية

١ - أجريت ميزانية طولية على محور جسر ترعة فكانت قراءات القامة كما يلى: (٠,٣٥)، ١,١٤ ، ٢,١٨، ١,٦٨، (٢,٠٩)، ١,٤٢، (٠,٩٧)، ٣,١٩، ٢,٢٥، ٣,١٦، ١,١٧، ٢,٤٣ . علما بأن القراءات بين الأقواس مؤخرات ومنسوب النقطة الثامنة ١٢,٤٣ مترا فوق سطح البحر، كما أن المسافات بين جميع النقط متساوية = ٢٥ مترا.

المطلوب وضع هذه القراءات فى جدول ميزانية بطريقة الإرتفاع والإنخفاض وتحقيقها حسابيا ورسم قطاع طولى لها بمقياس رسم مناسب.

٢ - أخذت القراءات الآتية لميزانية طولية: ٢,٣٤ ، ١,٢٧ ، ٣,١٥، ١,٢٨، ٠,٧٥، ٢,٦٦، ١,٤٨، ٢,١٥، ٣,١٤، ٠,٢٤، ١,١٩، ٢,٨٨، ٠٠,٧٥ علما بأن النقط ٥، ٨، ٩ محاور دوران للميزان وأن منسوب النقطة الرابعة ٣,١٥ أمتار والمطلوب وضع هذه القراءات فى جدول ميزانية كامل وحساب مناسيب النقط بطريقة منسوب سطح الميزان مع تحقيقها.

٣ - الشكل الآتى (رقم ٢٠٢) يبين كروكى لميزانية أجريت بالميزان المساحى. والمطلوب وضع قراءات القامة وحساب مناسيب النقط فى جدول ميزانية بطريقة منسوب سطح الميزان مع تحقيقها علما بأن منسوب النقطة الأخيرة ١٨,٩٥ مترا فوق سطح البحر.

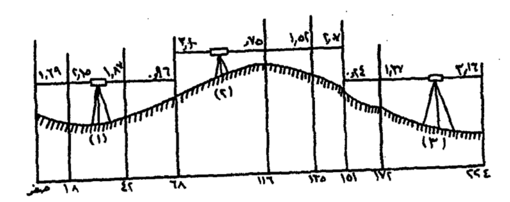


شكل (٢٠٢)

٤- عند القيام بإجراء ميزانية طولية أخذت القراءات الآتية على القامة: ٢,٥٦ ، ٢,٥٩ (١,٤٤) ، ٣,١٧ ، ٣,٢٨ ، (١,٠٧) ، ٠,٨٥ ، (١,٦٧) ، ٠,٣٥ ، ٠,١٥ ، (١,٤٤) - القراءات بين الأقواس مقدمات.

فإذا كانت النقط ٣ ، ٥ ، ٦ نقط دوران للميزان وكان منسوب النقطة الثامنة (الأخيرة) ٦,٣٥ أمتار فوق سطح البحر. المطلوب حساب مناسيب باقي النقط بطريقة الإرتفاع والإنخفاض مع تحقيق الميزانية حسابيا ثم رسم قطاع طولى للميزانية بمقياس رسم مناسب علما بأن المسافات بين النقط متساوية = ٢٠ مترا.

٥- الكروكي الآتي شكل (٢٠٣) عبارة عن قطاع طولى لميزانية، والمطلوب وضع قراءات القامة في جدول ميزانية كامل بطريقة منسوب سطح الميزان مع حساب منسوب كل نقطة علما منسوب النقطة (٤) ١٦,٠٨ مترا. مع رسم هذا القطاع بدقة بمقياس ١ :١٠٠٠ ومقياس رأسى ١ : ٥٠.



شكل رقم (٢٠٣)

٦- الجدول الآتي يمثل مناسيب نقط على قطاعات أخذت أثناء إجراء ميزانية شبكية لقطعة أرض، أبعادها ٢٥٠ مترا × ١٦٠ مترا.

والمطلوب رسم خريطة كنتورية لهذه الأرض بفاصل رأسى قدره ٢ متر متبدئا بخط كنتور ١٤ مترا بمقياس رسم ١/٨٠٠ علما بأن القطاعات مرتبة من أسفل إلى أعلى والنقط مرتبة من اليسار إلى اليمين.

النقطة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١.١
القطاع أ	٢٧,١	٢٧,٦	٢٨,٠	٢٧,٥	٢٨,٣	٢٩,١	٢٨,٠	٢٣,٨	٢٢,٥	٢٠,٢	١٨,٠
القطاع ب	٢٦,٢	٢٤.٠	٢٣,٢	٢٤,٠	٢٦,٠	٢٧,٢	٢٤,٩	٢٢,٠	١٩,٦	١٦,٠	١٣.٨
القطاع جـ	٢٣,٠	٢٠,٦	١٩,٦	٢١,١	٢١,٥	٢٢,٠	٢٢,٨	٢٣,٥	٢١,٦	٢٠,٠	١٧,٧
القطاع د	٢٢,٣	١٨,٣	١٧,١	١٩,٧	٢٤,٤	٢٨,٠	٢٨,٥	٢٧,٥	٢٦,٠	٢٤,٢	٢٢,٠
القطاع هـ	٢٣,٦	٢١.٨	٢١,٢	٢٠,٠	٢٣,٠	٢٥,٣	٢٨,٠	٣٠,٩	٢٨,٤	٢٥,٣	٢٣,٨

٧- الجدول التالى يبين مناسيب نقط أخذت على محور طريق يراد إنشاؤه.

النقطة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
المسافة	صفر	٢٥	٤٨	٧٦	١٠٨	١٣٣	١٥٧	١٨٩	٢١٥	٢٤٠
المنسوب	٢٦,١٨	٢٥,٣٦	٢٤,٢٧	٢٤,٨١	٢٧,٨٧	٢٧,١٦	٢٧,٨٧	٢٥,٩٦	٢٥,٠٤	٢٤.٦٢

فإذا علم أن الطريق يبدأ بمنسوب ٢٥,٥٠ مترا عند النقطة (١) ويستمر أفقياً مسافة ١٠٨ أمتار ثم ينحدر إلى أسفل باقى المسافة بنسبة ٢٠٠/١، وأن عرضه ١٢ مترا والميول الجانبية بنسبة ٣:٥. المطلوب رسم قطاع طولى لسطح الأرض والطريق المقترح بمقياس رسم أفقى ١٠٠٠/١ ورأسى ٥٠/١ مع حساب كميات الحفر والردم اللازمة للمشروع.

٨- أخذت القراءات الآتية لميزانية طولية على محور طريق: (١,٩٢)، ٢,١٧، (٣,٠٠)، ٢,٨٥، (٠,٨٥)، ١,٤٣، ٢,١٨، ١,٠٧، (٠,٣٦)، ٢,٨٨، (٠,٤٧)، ١,١٥، ٢,٢٤، ٣,١٨. القراءات بين الأقواس مؤخرات.

والمطلوب وضع هذه القراءات فى جدول ميزانية كامل وحساب مناسيب النقط بطريقة منسوب سطح الميزان، علما بأن منسوب النقطة الخامسة ٢٤,١٣ مترا. مع رسم قطاع بمقياس رسم مناسب إذا كانت المسافات بين النقط متساوية = ٢٥ مترا.

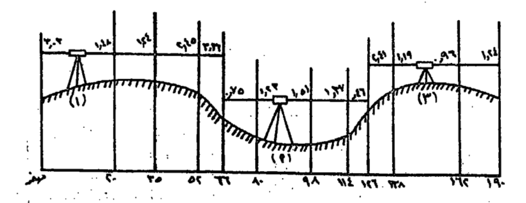
٩- الشكل الآتى رقم (٢٠٤) عبارة عن ميزانية شبكية أخذت لمنطقة ما وكانت المسافة بين النقط على كل قطاع ٤٠ مترا والمسافة بين كل قطاع والذى يليه ٥٥ مترا. والمطلوب رسم خريطة كنتورية لهذه المنطقة بفاصل رأسى قدره ٥ أمتار (إبتداء من خط كنتور ٤٥ مترا) بمقياس رسم ١ : ٧٠٠.

٨٧	٨١	٧٢	٦٥	٥٨	٥١	٦١
٨٢	٧٧	٧١	٦٢	٥٣	٥٤	٩١
٧٣	٧٠	٦٧	٥١	٤٥	٥٩	٧٠
٦٣	٥٩	٥٥	٤٥	٤٤	٦٢	٧٢
٦٢	٥٦	٤٧	٤٠	٥١	٦١	٦٨

شكل رقم (٢٠٤)

١٠- أخذت القراءات الآتية لميزانية طولية: ٠,٣٧ ، ٠,٩٨ ، ١,١٤ ، ٢,١٨ ، ٣,١٥ ، ٢,٦٧ ، ١,٤٨ ، ٠,١٧ ، ٣,٢٨ ، ٢,١٨ ، ١,٣٦ ، ١,٠٩ ، ٠,٤٥. علما بأن الميزان نقل إلى وضع آخر بعد القراءة الثامنة، كما أن النقطة الأخيرة (رقم ١٢) روبير منسوب ٧,١٣ مترا والمطلوب حساب مناسيب النقط بطريقة منسوب سطح الميزان مع تحقيق الميزانية حسابيا ورسم قطاع للميزانية بمقياس أفقى ١ : ١٢٠٠ ومقياس رأسى ١ : ١٠٠ ، علما بأن المسافة بين كل نقطتين متتاليتين ٣٠ مترا.

١١- الكروكى الآتى شكل (٢٠٥) يمثل ميزانية أجريت بين تلين، والمطلوب تصميم جدول ميزانية بطريقة الإرتفاع والإنخفاض ووضع قراءات القامة أمام كل نقطة فيه وحساب منسوبها، علما بأن منسوب النقطة الثالثة ٦,١٤ أمتار فوق سطح البحر مع رسم قطاع طولى لهذه الميزانية بمقياس رسم أفقى ٧٥٠/١ ومقياس رأسى ٥٠/١.



شكل رقم (٢٠٥)

١٢- أخذت المناسيب الآتية على محور ترعة يراد تطهيرها وتعميقها.

النقطة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١
المسافة	صفر	٣٢	٦٦	٩٨	١٣٢	١٦٤	١٨٩	٢٢٥	٢٥٤	٢٨٧	٣٢٠
المنسوب	٩,٣٢	١٠,١٥	٩,٦٨	٩,٤٣	٩,٩٧	١٠,٣٥	١٠,٧١	١٠,٤٢	٩,٦٤	٩,٣٠	٨,٨٦

فإذا كان منسوب الترعه المقترح عند أول الميزانية = ٩,٠٠ أمتار ومنحدرة إلى أسفل بنسبة ١ : ٣٠٠ علما بأن عرضها ١٠ أمتار وميولها الجانبية بنسبة ٣ : ٤ والمطلوب رسم قطاع تصميمى لهذه الميزانية ومحور الترعه المقترح بمقياس رسم مناسب مع حساب كميات الحفر الناتجة.

١٣- الشكل التالى رقم (١٩٣) عبارة عن شبكة من النقط تم معرفة مناسيبها بواسطة ميزانية شبكية، والمطلوب رسم خريطة كنتورية لهذه المنطقة بمقياس

رسم ١ : ١٠٠٠ بفاصل كنتورى قدره مترا واحدا، علما بأن المسافات بين النقط والقطاعات متساوية = ٤٠ مترا.

٢٤,٢	٢٥,٣	٢٦,٨	٢٧,٥	٢١,٢	٢٦,١	٢٥,٠	٢٤,٣
٢٥,٠	٢٦,٤	٢٨,٠	٢٨,٥	٢٨,٩	٢٧,٧	٢٦,٥	٢٥,٥
٢٤,٣	٢٦,٢	٢٨,١	٢٩,٢	٣٠,٤	٣٠,٠	٢٧,٨	٢٦,٦
٢٤,٦	٢٥,٨	٢٦,٧	٢٧,٨	٢٩,٠	٣٠,٣	٢٨,٠	٢٦,٨
٢٤,٠	٢٤,٨	٢٥,٢	٢٥,٨	٢٦,٩	٢٨,٠	٢٧,٨	٢٦,٩
٢٣,٤	٢٣,٨	٢٤,٢	٢٥,٠	٢٥,٨	٢٦,٣	٢٧,٥	٢٦,٢

شكل رقم (٣٠٦)

١٤- الجدول التالى يبين مناسيب نقط فى ميزانية مسلسلة والمسافات بين النقط كل ٢٠ مترا:

النقطة	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨
المنسوب	٦,٤٣	٥,٧٦	٥,٩١	٦,٧٥	٧,١٣	٧,٥٢	٨,٢٤	٧,٤٣
النقطة	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
المنسوب	٧,٠٦	٦,٧٠	٦,٢٢	٥,٨٤	٥,٢١	٦,١٥	٦,٥٠	٦,١٤

فإذا كان المطلوب مد ماسورة مياه على طول هذه المسافة بحيث تكون أفقية وعلى منسوب ٦,٣٠ أمتار. فما مقدار كمية الحفر الناتجة علما بأن عرض الحفر ٠,٨٠ مترا وجوانبه عمودية، أما فى المناطق التى يقل منسوبها عن منسوب

الماسورة فيتم وضع قوائم لمد الماسورة عليها. مع رسم قطاع الميزانية وخط الإنشاء بمقياس أفقي ١/١٠٠٠ ومقياس رأسي ١ : ٥٠.

١٥- أخذت القراءات الآتية عند إجراء ميزانية مسلسلة من النقطة (١) إلى النقطة (١٤): ١,١٧، ٠,٨٢، ٠,٤٩، ٠,٧٥، ٠,٢٣، (٣,١٤)، ٢,٨٦، ١,٣٤، ١,٨٦ (٠,٧٥)، ١,٢٨، ٢,١٤، (٣,٥٨)، ٢,٢٧، ١,٩٨، ١,٧٥، (٠,٨٨)، (القراءات بين الأقواس مقدمات) والمسافة بين كل نقطة وأول الميزانية على التوالي كمايلي:

صفر، ٢٨، ٥٥، ٧٣، ١٠٩، ١٣٢، ١٥٦، ١٧٨، ٢١٥، ٢٢٢، ٢٦٨، ٢٩٥، ٣٢١، ٣٥٠مترا.

والمطلوب وضع هذه القراءات والمسافات في جدول ميزانية وحساب مناسيب النقط بطريقة الإرتفاع والإنخفاض، علما بأن منسوب النقطة التي عليها القراءة الخامسة ٢٥,١٨ مترا فوق سطح البحر، مع رسم قطاع طولي بمقياس أفقي ١ : ١٥٠٠ ورأسي ١ : ١٠٠.

١٦- الجدول التالي يبين مناسيب نقط لميزانية شبكية لمنطقة ما، والمسافة بين كل قطاع والذي يليه ٥٠ مترا والمسافة بين كل نقطة وأخرى ٣٠ مترا من أعلى إلى أسفل والنقط من اليسار إلى اليمين. والمطلوب رسم خريطة كنتورية لهذه المنطقة بفاصل رأسي قدره مترا واحدا بمقياس رسم ١: ١٠٠٠.

القطاع	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠
أ	٢١,٨	٢٠,٥	١٩,٧	١٩,٣	١٨,٢	١٩,٧	٢٠,٤	٢١,٠	٢٢,١	٢٢,٨
ب	١٩,٠	١٨,٤	١٨,٢	١٧,٨	١٩,٣	٢٠,١	٢١,٠	٢٢,٢	٢٣,٠	٢٣,٦
جـ	١٥,٤	١٦,٠	١٧,٠	١٧,٨	١٨,٧	٢٠,٥	٢١,٩	٢٣,٢	٢٤,٦	٢٦,٧
د	١٧,٨	١٩,٠	١٩,٢	١٨,٦	١٧,٨	٢٠,١	٢٢,٥	٢٣,٢	٢٥,٠	٢٦,٣
هـ	٢٠,٠	٢٢,٨	٢١,٦	٢١,٠	١٩,٨	١٨,٨	٢١,٠	٢٢,٢	٢٣,٥	٢٤,٤
و	٢١,٦	٢٣,٠	٢٣,٣	٢٢,٥	٢١,٢	١٩,٤	٢٠,٣	٢٠,٨	٢١,٤	٢٢,٦

***

الفصل العاشر

المساحة التصويرية

مقدمة تاريخية :

لعل أول ملاحظة عن الإسقاط الضوئى، تلك التى ترجع إلى أرسطو حوالى عام ٥٠ قبل الميلاد، بملاحظته صورة مستديرة للشمس على جدار غرفة مظلمة، ولاحظ أن أشعة الشمس تنفذ إلى الغرفة من خلال ثقب صغير. وقد كتب ليوناردو دافنشى عن آلة التصوير Camera Obscura عام ١٥٠٠ بعد الميلاد. وفى عام ١٨٠٢ ظهرت الصور الفوتوغرافية عندما تمكن توماس وايدجود Thomas Wide Good من طبع بعض الصور (دون تثبيتها) على رقائق من الجلد مغطاه بطبقة من نترات الفضة.

ويرجع الفضل إلى إكتشاف الإبصار المجسم إلى ويتستون Whittestone الذى بدأ تجاربه فى هذا المجال عام ١٨٣٢، ولم يمض بضع سنوات حتى إستطاع أن يصمم أول نوع من الاستريوسكوب ذى المرايا، كأداة لإمكان المشاهدة المجسمة من أزواج الصور عام ١٨٣٨. وبدأت فكرة إمكان إستخدام الصور فى المساحة الطبوغرافية عام ١٨٤٠، من خلال تقرير قدمه الجيوديسى الفرنسى أرجو Argo للأكاديمية الفرنسية للعلوم.

وكان أول من إستخدم الصور فى إنشاء الخرائط الطبوغرافية المهندس الفرنسى ايميه لويزيداه Aimé Laussedat بسلاح المهندسين الفرنسى. وبدأت محاولاته عام ١٨٤٩ حتى عام ١٨٥٨ عندما نجح فى رسم خرائط لأجزاء من باريس، بواسطة آلة تصوير معلقة ببالون، مرتفع فى الجو. وفى عام ١٨٦٧ عرض فى باريس جهاز «فوتو - تيودوليت» [(١)] مع خريطة للمدينة، تم إنشائها من

---

(١) عبارة عن جهاز يجمع بين التيودوليت وآلة التصوير.

الصور المأخوذة بهذا الجهاز، أثبتت نجاحها عند مقارنتها بالخرائط الناتجة عن طريق المساحة الأرضية. وفي نفس ا لوقت إبتكر بيرو Perro الإيطالي، آلة تصوير إستخدم فيها مبادئ البانوراما لتصوير المنظر الكلي الأفقي حول كل محطة أرضية (مركز الجهاز). وكانت هذه الآلة مجهزة بتلسكوب وبوصلة وميزان. وابتكر شفاليروف Chavallierof «البلانشيطة الفوتوغرافية» [1] عام ١٨٦٨.

وفي عام ١٩٠٠ إستطاع الكابتن شيمفلاج Sheimpflag بالجيش النمساوي، أن يقدم حلاً لمشكلة التصوير الجوي، التي واجهت لويزبداه، للحصول على صورة تغطي كل المنطقة التي يمكن رؤيتها من موقع آلة التصوير. وذلك عن طريق تصميم آلة تصوير مزودة بسبع عدسات مائلة ومجمعة حول عدسة ثامنة في الوسط تعلق في البالون. وتنتج صورة واحدة رأسية وسبعة صور مائلة. ويمكن تحويل هذه الصور الثمانية إلى صورة واحدة رأسية بإستخدام جهاز إبتكره أسماه "Universal Transformer Printer". وكانت مشكلته تتركز في ضبط أفقية آلة التصوير، خاصة وهي معلقة في البالونات الثابتة أو الحرة. وقد وجد منطاد زبلن مزوداً بمثل هذه الآلة عندما أسر في فرنسا عام ١٩١٤.

وقد كان لإختراع الطائرة بواسطة الأخوين رايت Wright عام ١٩٠٢، أثره الفعال في المساحة الجوية. وإستخدمت الطائرة لأول مرة عام ١٩١٣ في الحصول على صور جوية لإستخدامها في المساحة الطبوغرافية، وتوسع إستخدامها أثناء الحرب العالمية الأولى.

وتعتبر سنة ١٨٩٢ نقطة تحول هامة في تاريخ هذا الفن وتطور أجهزة القياس والرسم لتجهيز الخرائط من الصور مع تطور وسائل التصوير. وذلك بإكتشاف ستولز Stolzs لنظرية العلامات العائمة Floating Marks، وتبعه دكتور بولفريخ Dr. Pulfrich الألماني الذي إعتمد على هذه النظرية في القياس من أزواج

---

(١) تعتمد فكرة البلانشيطة الفوتوغرافية، على تسجيل الصور على لوح واحد في وضع أفقي حيث تعكس الأشعة الأفقية بزاوية قائمة بإستخدام منشور زجاجي فتصبح رأسية (إلى أسفل)، وذلك مع دوران آلة التصوير المثبتة مع الأليداد.

الصور بإستخدام الاستريوسكوب. وكللت مجهوداته بالنجاح عام ١٩٠٩ عندما اكتشف الطريقة العملية للقياس بالعلامات العائمة وتمكن من تصميم جهاز استريو كمبريتور Stereocomperator. وما تزال الطريقة التي إكتشفها بولفريخ، هي الأساس لمعظم الطرق الحديثة التي تستخدم فيها الصور الاستريوسكوبية حتى الآن.

وجدير بالذكر أن أبحاث المساحة التصويرية (فوتوجرامترى Photogramme-try) لم تكن وقفاً على أوروبا فقط. ففى كندا، أدخل الكابتن ديفل Diville المساحة التصويرية الأرضية فى إنشاء وإنتاج الخرائط الكندية عام ١٨٨٨. وإستحدث عدة طرق كللت كلها بالنجاح. فقد إستخدم التيودوليت المزود بآلة تصوير فى أعمال الغيط، كما ابتكر أول جهاز إستريوسكوبى، ونشر بحثاً مبتكراً عن المساحة التصويرية عام ١٨٩٥. وفى الولايات المتحدة الأمريكية، إستخدم الجيش الإتحادى الأمريكى Union Army، المساحة التصويرية لأول مرة عام ١٨٨٨، كما ذكر فى تقرير الملازم هنرى ريد Henry Reed الذى كان يعمل فى كلية وست بوينت West Point وذلك فى كتابه «التصوير وإستخدامه فى المساحة». وقبل ذلك فى عام ١٨٦٢. إستخدمت آلات التصوير المعلقة فى البالونات لتصوير أراضى العدو ومواقعه، ونجحت المحاولة إذ أمكن تصوير مساحات كبيرة وظهرت فى الصور الأنهار والطرق والمستنقعات والغابات وكل المظاهر الطبوغرافية.

هذا وقد بدأ تقدم المساحة التصويرية الجوية بطيئاً، حتى جاءت الحرب العالمية الأولى، فأخذت تسرع فى تقدمها بدرجة محسوسة. فقد نبهت الحرب الأذهان إلى أهمية التصوير الجوى للأغراض الحربية والمدنية على السواء. وقد أتى كثير من مهندسى المساحة الجيولوجية الأمريكية - الذين خدموا فى القوات المسلحة - بأرصاد وملاحظات أوجدت إهتماماً كبيراً بطرق وإستخدام التصوير الجوى فى عمل الخرائط

المستوية [١] والطبوغرافية. وبعد الحرب العالمية الأولى، إخترعت آلات تصوير وأجهزة استريوسكوبية أحدث لا حصر لها في كل من أوروبا وأمريكا. وقد صاحب تطور الطائرات، تطور مماثل في طرق رسم الخرائط من الصور الجوية. وكانت أول صور أخذت من الطائرة لإنشاء الخرائط المساحية، عام ١٩١٣، أمكن بها عمل «موزيك Mosaic» [٢] لمدينة بنغازى.

وقد زاد الإهتمام بدراسة الصور الجوية وتقدم هذا الفن خلال الحرب العالمية الثانية، وكان له قفزات واسعة في تقدمه. فاستخدمته قوات المحور على نطاق واسع في غزو فرنسا، ووضع خطة ضرب مطار الحلفاء في الجبهة الغربية. وقد تنبأ القائد الألماني الشهير، الجنرال فرانهايم فون فرايخ Vranheim Von Vreich عام ١٩٣٨، بأهمية التصوير الجوى عندما ذكر «أن الدولة التى تملك أكثر أجهزة الإستكشاف الجوى فعالية، هى التى سوف تكسب الحرب». وقد أدرك الحلفاء أهمية هذا الفن، وتوسعوا في دراسته وتوصلوا إلى نتائج باهرة، وإبتكار الأجهزة الخاصة بقراءة وتحليل الصور الجوية، وإنشاء الخرائط الكنتورية والطبوغرافية بإستخدامها. ولعب هذا التقدم دوراً هاماً في حصار لينينجراد، وفى معارك المحيط الهادى عام ١٩٤٣.

ونتيجة للتنافس الشديد بين الدول الكبرى أثناء الحرب وبعدها، فى تطوير وسائلها للإستكشاف والتجسس من الجو وإستحداث طرق أكثر تقدماً لهذا الغرض، فقد مهد كل ذلك للتقدم الهائل فى مجال المساحة التصويرية حتى الآن. وكما هى الحال فى معظم الاختراعات والوسائل العلمية المتقدمة، إستطاع العلماء تطويع هذه التقنيات المتقدمة فى التطبيقات المدنية.

وتعتبر المساحة التصويرية اليوم، أساساً لكل أنواع الخرائط بدءاً من الخرائط

---

(١) وتسمى الخرائط البلانيمترية Planimetric Maps ولا تظهر فيها الخطوط الكنتورية.

(٢) الموزيك عبارة عن مجموعة من الصور الجوية الرأسية المجمعة.

ذات المقياس الصغير إلى الخرائط الطبوغرافية والتفصيلية بما فيها من خطوط الكنتور ذات الفاصل الرأسى الصغير كما فى المدن والمشروعات والأغراض العديدة الأخرى للمساحة.

وبجانب أجهزة التصوير العادية المستخدمة فى المساحة التصويرية. يستخدم فى الوقت الحاضر وسائل حديثة وأجهزة أكثر تقدماً، تعتمد أساساً على إستخدام خاصية الموجات الرادارية واللاسلكية والأشعة تحت الحمراء وهو ما يعرف بفن الإستشعار عن بعد Remote Sensing عن طريق الأقمار الصناعية التى تحلق على إرتفاعات شاهقة من سطح الأرض. وتعتبر هذه الطرق من أحدث الوسائل للحصول على معلومات أرضية لا يمكن الحصول عليها بواسطة التصوير العادى.

تعريف المساحة التصويرية :

المساحة التصويرية هى العلم الذى يمكن بواسطته الحصول على مقاييس وأبعاد الظاهرات الطبواغرافية من الصور. فهى علم تعيين مواقع النقط على سطح الأرض بعضها بالنسبة للبعض وإنشاء الخرائط، وذلك عن طريق صور فوتوغرافية لسطح الأرض تظهر فيها المعالم الطبيعية أو الصناعية الموجودة عليها. وتعتبر الصورة كقطاع مستوى مع حزمة من الأشعة الصادرة من نقطة الهدف (أو الأهداف) ومارة بمركز تجمع Prespective Center.

وكلمة «فوتوجرامترى Photogrammetry» مركبة من ثلاث كلمات لاتينية. فمقطعها الأول Phoıo معناها الضوء، والمقطع الثانى Gramma وتعنى الرسم بينما المقطع الثالث Metron فمعناها قياس، أى أن المعنى الكلى «قياس الرسم من الضوء».

وتقسم المساحة التصويرية إلى قسمين رئيسين هما :

١ – المساحة التصويرية الأرضية Terrestial Photogrammetry

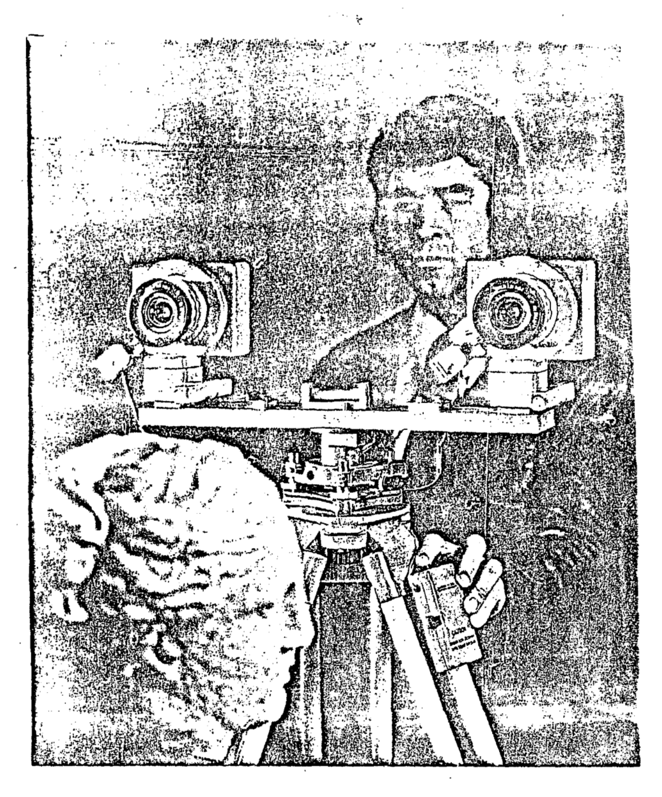
حيث يتم أخذ الصور الفوتوغرافية بآلة تصوير مثبتة فوق حامل موضوع على سطح الأرض فى مكان معلوم تماماً. وهنا يكون المحور البصرى لآلة التصوير أفقياً ويستخدم هذا النوع من التصوير الأفقى للحصول على صور مجسمة للمظاهر الطبيعية أو واجهات المبانى (وخصوصاً الأثرية)، ويزداد إستخدامها فى المتاحف لإنتاج صور مجسمة لتماثيل أو الأوانى وغيرهما.

٢ – المساحة التصويرية الجوية Aerial Photogrammetry

وتثبت آلة التصوير فى أسفل الطائرة. ولذلك فإن موضع العدسة عند إلتقاط الصور يكون غير معلوماً بالضبط. والمحور البصرى لآلة التصوير قد يكون مائلاً أو رأسياً تبعاً للظروف التى تواجه الطائرة أثناء الطيران.

والمساحة التصويرية الجوية أحدث طرق المساحة وربما أكثرها أهمية فى الوقت الحاضر. ويقصد بها رفع منطقة من الأرض مساحياً بواسطة التصوير الجوى. حيث تؤخذ الصور من الجو بواسطة آلات تصوير خاصة مثبتة فى طائرات خاصة مجهزة لهذا الغرض.

وتظهر أهمية المساحة الجوية فى توفير الوقت الكبير الذى كانت تستغرقه المساحة الأرضية بطرقها المختلفة، وما تتطلبه من جهد كبير وتكاليف باهظة وخاصة فى المناطق الشاسعة أو التى يصعب الوصول إليها أو الأراضى الوعرة أو الأراضى المغطاة بالغابات أو المستنقعات. وتستخدم المساحة الجوية فى إنشاء كافة أنواع الخرائط الطبوغرافية والكنتورية والجيولوجية وخرائط الطبيعة الأرضية (الجيوفيزيائية). كذلك تستخدم فى إنتاج خرائط أنواع التربات ومصادر المياه وأنواع المحاصيل المزروعة والكشف عن المعادن. كما تستخدم فى إنشاء خرائط دقيقة لمواقع المشروعات الهندسية الكبيرة مثل السدود والخزانات والكبارى والجسور وغيرها. هذا فضلا عن إستخدامها فى الأغراض الحربية مثل تصوير أماكن وجود القوات العسكرية ومعرفة أعدادها وكيفية توزيعها وأسلحتها ومخازن الذخيرة ومهابط الطائرات والتعرف على نتائج الغارات الجوية...إلخ. كما يفيد



آلة تصوير أرضية Terrestrial Camera P 32

إنتاج شركة Wild

التصوير الجوى فى التعرف على أماكن إختباء المخربين فى المناطق التى يصعب السيطرة عليها. فالصورة الجوية تعطينا وصفاً حقيقياً ودقيقاً لكل ما على سطح الأرض من ظاهرات طبيعية أو بشرية.

وتستخدم الصور الجوية فى الوقت الحاضر على نطاق واسع فى مجالات شتى، أهمها - كما سبق أن ذكرنا - إنشاء الخرائط الطبوغرافية والكنتورية والجيولوجية، بالإضافة إلى الأغراض الحربية. ونذكر فيما يلى - على سبيل المثال - بعض المجالات التى أصبحت تعتمد فى أبحاثها وأعمالها على دراسة الصور الجوية.

* الإبحاث الجغرافية المختلفة، سواء كانت طبيعية مثل الجيومورفولوجيا، أو البشرية مثل إستخدامات الأرض ودراسة المدن.
* الأبحاث الجيولوجية المختلفة.
* الدراسات الزراعية مثل أنواع التربة وحصر المحاصيل الزراعية وأنواعها، والتخطيط الزراعى وشبكات الرى والصرف.
* أبحاث التخطيط العمرانى وتخطيط الطرق والسكك الحديدية ودراسة حركة المرور فى المدن فى الأوقات المختلفة.
* دراسة أنسب المواقع لإنشاء المشروعات الهندسية المختلفة.
* الدراسات الخاصة بعلوم البحار والمحيطات والأرصاد الجوية.

أنواع الصور الجوية :

١ - بإعتبار وضع الطائرة - لحظة التصوير :

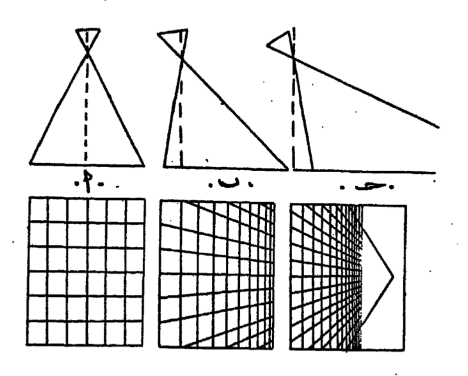
تجدر الإشارة إلى أن الطائرة قد لا تستطيع الإحتفاظ بوضعها الأفقى تماماً أثناء إلتقاط الصور الجوية، وذلك لتأثرها بالظروف الجوية التى تواجهها أثناء الطيران. لذلك فإن الصور الجوية تنقسم إلى :

أ- الصور الرأسية Vertical Arial Photographs

حيث تكون الطائرة، وبالتالى آلة التصوير - فى مستوى أفقى تماماً أو يكاد يكون أفقياً بحيث لا تتعدى درجة ميلها ٤ ْ عن المستوى الأفقى. وفى هذه الحالة يكون المحور البصرى لآلة التصوير رأسياً، أو قريباً من الإتجاه الرأسى. وتكون الصور فى هذه الحالة أفضل الصور على الإطلاق. وهذا النوع من الصور الجوية هو المستخدم فى أغراض المساحة الجوية وإنشاء الخرائط التى تتطلب دقة فائقة.

ب - الصور المائلة Oblique Arial Photo

ونحصل عليها إذا كانت الطائرة مائلة عن المستوى الأفقى. وبالتالى يكون المحور البصرى لآلة التصوير مائلاً لحظة التصوير عن الإتجاه الرأسى. وقد يزداد ميله حتى يظهر خط الأفق فى الصورة. ويطلق عليها فى هذه الحالة «صورة شديدة الميل High Oblique».



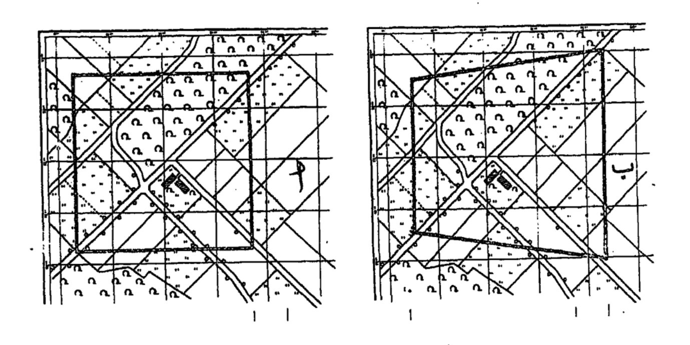
شكل رقم (٢٠٧) أنواع الصور الجوية

ويوضح الشكل رقم (٢٠٧) مظهراً لشبكة من الخطوط المتقاطعة (بزوايا قائمة) كما تظهر فى ثلاث صور جوية مختلفة، تم تصويرها بآلة تصوير من نقطة ثابتة، ولكن بزوايا ميل مختلفة. فهى رأسية تماماً فى الصورة الأولى «أ» وقليلة الميل فى الثانية «ب» وشديدة الميل فى الثالثة «جـ» . ومن الشكل يتضح ما يلى:

* كلما زاد ميل آلة التصوير، كلما زادت المساحة التى تظهر الصورة.

* يزدا تشوية مقياس الرسم كلما زاد ميل آلة التصوير، إذ يزداد صغر مقياس الرسم فى إتجاه الميل.

* مساحة المنطقة التى تظهر فى الصورة الرأسية مربعة الشكل. بينما تتحول إلى شبه منحرف فى الصورة المائلة، ويزداد الفرق بين طولى القاعدتين المتوازيتين كلما زاد هذا الميل شكل رقم (٢٠٨).



شكل رقم (٢٠٨) شكل المنطقة ومساحتها فى الصور الرأسية (أ) والمائلة (ب)

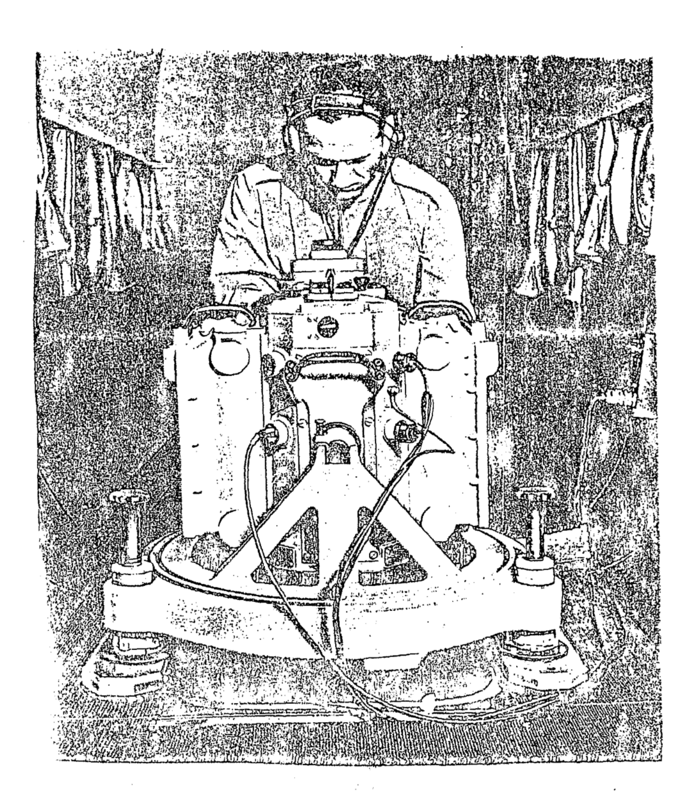
* تظهر النقطة التي تم التصوير منها منطبقة على مركز الصورة الرأسية، بينما تظهر منحرفة عن المركز فى الصورة المائلة، ولا تظهر إطلاقاً فى الصورة شديدة الميل إذ يكون مسقطها الرأسى خارج نطاق الصورة.

ومن ثم فإن إستعمال الصور المائلة والتى لا تزيد درجة الميل فيها عن ٣٠° يوفر كثير من النفقات والجهد، إذا توافرت الظروف المناسبة لإستعمال هذا النوع من الصور مثل إستواء سطح الأرض أو وجود مساحات مائية كبيرة، ولكنها لا تستخدم فى إنتاج الخرائط الدقيقة وإنما تستخدم فى الخرائط الاستكشافية التى لا تتطلب دقة كبيرة وفى المساحات الشاسعة التى لا يمكن الوصول إليها كما تستخدم فى الأغراض العسكرية. أما الصور شديدة الميل، فتقل فائدتها كثيراً كلما زادت درجة الميل، ولا يمكن إستخدامها فى إنتاج الخرائط مهما قلت الدقة المرغوبة فضلاً عن صعوبة قراءتها.

وهناك طرق لقياس درجة الميل فى كل صورة، بحيث يمكن تصحيحها للحصول على صور رأسية بإستخدام أجهزة ضبط بسيطة التركيب تسمى أجهزة تعديل الصور Auto Focusing Rectifier .

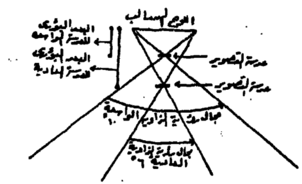
٢ - بإعتبار زاوية عدسة آلة التصوير :

من المعروف أنه كلما كبرت زاوية عدسة آلة التصوير كلما زاد مجال الرؤيا ، Field of View فضلاً عن تناقص البعد البؤرى لها مع ثبات أبعاد الفيلم الحساس الذى يمثل الصورة السلبية. وتستخدم فى آلات التصوير الجوى عدسات ذات إتساع يتراوح بين ٦٠ ، ١٢٠ ، والشكل رقم (٢٠٩) يوضح آلتى تصوير إتساع العدسة فى إحداهما ٦٠° وفى الثانية ١٠٠° فى حين أن أبعاد اللوح السالب واحداً فى الآلتين. ويتضح من الشكل أن مجال الرؤية - وبالتالى - المساحة التى يتم تصويرها، يزيد كلما كبرت زاوية العدسة، بإعتبار أن الآلتين على إرتفاع واحداً من سطح الأرض. وذلك على حساب مقياس الرسم الناتج من الصورة والذى يزداد صغره كلما كبرت زاوية العدسة.



آلة تصوير جوية RC 7 ذاتية الضبط إنتاج Wild

ويستخدم كل نوع من آلات التصوير ذات العدسة المختلفة في مجال رؤيتها، في أغراض وظروف معينة. وفيما يلي أنواع الصور الناتجة من كل نوع من هذه العدسات.



شكل رقم (٢٠٩)

١ - العدسات ذات الزوايا العادية Standard Normal Angles

وتتراوح فيها زاوية العدسة بين ٦٠°، ٨٠°، بعدها البؤرى حوالى ٢١ سم إذا كانت أبعاد الفيلم الحساس ١٨ × ١٨ سم . وتستخدم مثل هذه الآلات في تصوير المناطق المطلوب إنشاء خرائط دقيقة لها وتفصيل الظاهرات التي تظهر فيها. وذلك بإنتاج الصور ذات مقياس رسم كبير. واضحة المعالم حيث يقل فيها الإزاحة بسبب إختلاف المناسيب على سطح الأرض.

٢ - العدسات ذات الزوايا الواسعة Wide Angles

حيث تبلغ زاوية العدسة ما بين ٨٠ - ١٠٠° وبعدها البؤرى حوالى ١١ سم (إذا كانت أبعاد الفيلم ١٨ × ١٨ سم): وتنتج صوراً ذات مقياس رسم صغير نسبياً، تستخدم في إنشاء الخرائط الطبوغرافية متوسطة المقياس.

٣ - العدسات ذات الزوايا الواسعة جداً Super Wide Angles

وهى التى يزيد مجال رؤيتها عن ١٢٠° وتصل في بعض آلات التصوير الحديثة ١٤٠°، وبعدها البؤرى حوالى ٧ سم (إذا كانت أبعاد الفيلم ١٨سم × ١٨ سم) وتنتج صورا ذات مقياس رسم صغير، ولا تظهر فيها المعالم الصغيرة

بوضوح، وتستخدم مثل هذه الصور فى إنشاء الخرائط الصغيرة المقياس قليلة التفاصيل.

وجدير بالذكر بأن أبعاد الفيلم فى معظم آلات التصوير تتراوح فيما يلى :

١٤ × ١٤ سم وهى قليلة الإستخدام.

١٨ × ١٨ سم } أكثر الأفلام شيوعاً فى كل أنحاء العالم.

٢٤ × ٢٤ سم } وتعتمد عليها معظم أنواع آلات التصوير.

٣٠ × ٣٠ سم تستخدم فى بعض الأغراض الخاصة.

٣ - مقياس رسم الصور الجوية :

يعتمد مقياس رسم الصورة الجوية الرأسية وأبعاد المساحة للمنطقة التى تغطيها، على البعد البؤرى لآلة التصوير من ناحية، وعلى الإرتفاع الذى أخذت منه الصورة – أى إرتفاع الطائرة عن متوسط مستوى سطح الأرض من ناحية أخرى. فكلما زاد الإرتفاع إزدادت المساحة المغطاة بالصورة، وكذلك الحال كلما صغر البعد البؤرى لآلة التصوير.

ويبين المقياس عادة على شكل كسر إعتيادى $\left(\frac{ف}{ع}\right)$ أو على شكل نسبة (ف : ع) حيث ف تمثل البعد البؤرى لآلة التصوير، ع إرتفاع آلة التصوير أى إرتفاع الطيران عن متوسط منسوب سطح الأرض. فمثلاً إذا كان البعد البؤرى = ١٢ بوصة وإرتفاع الطائرة عن التصوير ٢٠,٠٠٠ قدم فوق متوسط مستوى سطح الأرض فإن مقياس رسم الصورة ١ : ٢٠,٠٠٠.

وينبغى أن نشير إلى أن مقياس رسم الخرائط الطبوغرافية والكدسترالية (التفصيلية) يتناسب مع مقياس رسم الصور الجوية تناسباً طردياً. وهذا يعنى أن هناك إختلاف بين مقياس رسم الصورة ومقياس رسم الخريطة المنشأة منها.

ويتبع العلاقة بين مقياس رسم الخرائط ومقياس رسم الصورة المعادلة الآتية :

م = ث $\sqrt{مَ}$

حيث م : مقام مقياس الرسم الكسرى أو الطرف الأيسر لمقياس الرسم النسبى للصورة الجوية.

، ث: رقم ثابت يتغير حسب ظروف التصوير ويتراوح بين ٢٥٠ فى ظروف التصوير العادية و ٢٠٠ فى ظروف التصوير غير المناسبة.

مَ : مقام مقياس الرسم الكسرى أو الطرف الأيسر لمقياس رسم الخرائط وما يقابلها من مقياس رسم الصور الجوية الرأسية.

ويبين الجدول التالى القيم المختلفة لمقياس رسم الخرائط وما يقابلها من مقياس رسم الصور الجوية الرأسية :

مقياس رسم الخريطة	مقياس رسم الصورة الجوية	
	ظروف تصوير عادية	ظروف تصوير غير عادية
١ : ١٠٠٠	١ : ٦٥٠٠	١ : ٨٠٠٠
١ : ٢٠٠٠	١ : ١١٠٠٠	١ : ٩٠٠٠
١ : ٥٠٠٠	١ : ١٧٥٠٠	١ : ١٤٠٠٠
١ : ١٠٠٠٠	١ : ٢٥٠٠٠	١ : ٢٠٠٠٠

ولذلك تصنف الصور الجوية تبعاً لمقياس رسمها ومقياس رسم الخرائط المنشأة منها إلى ما يلى :

أ - **صور جوية صغيرة المقياس** : ومقاس رسمها أصغر من ١ : ٥٠,٠٠٠. وتستعمل فى إنتاج الخرائط الطبوغرافية التى يقل مقياسها عن ١ :

٢٥,٠٠٠ إلى ١ : ٥٠,٠٠٠ كما تستخدم مثل هذه الصور في الدراسات الاستكشافية السريعة.

ب - صور جوية متوسطة المقياس : ويتراوح مقياس رسمها بين ١ : ٢٥,٠٠٠، ١ : ٥٠,٠٠٠ وتستخدم فى إنشاء الخرائط الطبوغرافية فيما بين مقياس ١ : ١٠,٠٠٠، ١ : ٢٥,٠٠٠. كما تستخدم فى دراسات تخطيط المدن والطرق والسكك الحديدية. وتعتبر الصور الجوية ذات المقياس ١ : ٢٠,٠٠٠ من أنسب الصور للدراسات الجيومورفولوجية وإستخدام الأرض.

جـ - صور جوية كبيرة المقياس : مقياس رسمها أكبر من ١ : ٢٥,٠٠٠ وقد يصل إلى ١ : ٥٠٠٠. وتستخدم في إنشاء الخرائط التفصيلية (الكدسترالية) وخرائط تفريد المدن وفى الدراسات التفصيلية لمواقع المشروعات الهندسية والصناعية، وحركة المرور فى الطريق وتحديد الأهداف المطلوب دراستها بدقة وغير ذلك من دراسات وهى تنتج خرائط يتراوح مقياس رسمها ١ : ١٠,٠٠٠، ١ : ٥٠٠.

مراحل المسح الجوى

هناك طرق متعددة لإعداد الصور الجوية، وهو ما يمكن أن نسميه «المساحة الجوية». وهذه الطرق والأساليب تختلف بإختلاف الهدف و الغرض من هذا المسح. فاذا كان الغرض هو انتاج خرائط بمقاييس رسم مختلفة، إستلزم الأمر إستخدام أنواع خاصة من آلات التصوير وكذلك الأفلام تختلف بإختلاف مقياس الرسم المطلوب. وهذه تختلف عن تلك التى تستخدم فى إنتاج صور جوية لأغراض أخرى مثل الاستكشاف أو حصر وتصنيف الأراضى وغيرها من الدراسات التى تعتمد على الصور الجوية. وكما تختلف آلات التصوير المستخدمة فإن إعداد خطة الطيران وإرتفاع الطائرة. وسرعة فتحة عدسة آلات

التصوير وغيرها من النواحي الفنية الأخرى تختلف تبعاً للغرض المطلوب من المسح الجوى.

ولما كانت دراستنا تهتم بالصورة الجوية اللازمة لإنتاج الخرائط والدراسات الجغرافية بصفة عامة، لذا كان من الأوفق الإشارة إلى كيفية القيام بالمساحة الجوية اللازمة لإنتاج هذه الخرائط، وهى بصورة عامة أوفى وأدق الطرق المستخدمة، بالمقارنة مع الطرق الأخرى التى تقل فى دقتها أو تختصر فى إجرائها بعض العمليات.

المرحلة الأولى : إعداد خطة الطيران :

يبدأ مشروع المسح الجوى بدراسة الخرائط التى تظهر فيها المنطقة المطلوب تصويرها جوياً ويتم توقيع حدود المشروع عليها ودراسة مناسيب سطح الأرض فى المنطقة وتحديد الظواهر الرئيسية فيها سواء كانت طبيعية مثل قمم الجبال أو التلال أو الأودية أو الروافد النهرية وغيرها والظاهرات البشرية مثل القرى والمدن والطرق والكبارى والمنشآت وغيرها.

وبالإضافة إلى ذلك يتم حساب إرتفاع الطيران والمسافة بين كل صورة والتى تليها وعرض شرائح الطيران، تبعاً لمقياس الرسم المطلوب ونوع آلة التصوير المستخدمة ومقدار التداخل الطولى والجانبى المطلوب [١].

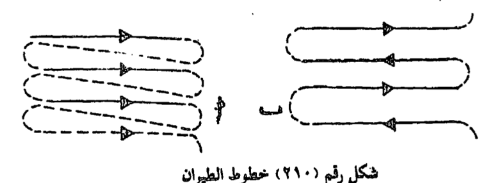
ومن هذه الدراسات يتم تعيين خطوط الطيران على الخريطة على شكل محاور لشرائح متوازية. ويتم إتخاذ إحدى طريقتين للطيران على هذه المحاور يوضحها الشكل رقم (٢١٠).

أ - الطيران فى إتجاه واحد : وتفضل هذه الطريقة - بالرغم من أنها تستغرق وقتاً أطول - وذلك للحصول على تتابع ثابت للصور. حيث

(١) سيتم دراسة هذه الحسابات بالتفصيل فى الموضوع التالى.

تكون الطائـرة فى إتجاه واحد أثنـاء الطيـران على هذه المحاور، وبالتـالى فإنهـا تخضـع لظـروف واحـدة من ناحيـة حركـة التيـارات الهـوائـيـة التـى تؤثـر عليـهـا وخصـوصـاً فى حـالة ما إذا كـانـت الطائـرة على إرتفـاع أقـل من عشـرة آلاف قـدم، وكـذلك زاوية مـيل الشـمس وإنعكاس أشعـتـهـا ... إلخ (شكل رقم ٢١٠ - أ)

ب - الطيـران ذهاباً وإياباً : وهذه الطريقة أقل تكلفة وأقصر وقتاً من الطريقة السابقة ويمكن اللجـوء إليها فى حـالة إستـقرار الظروف الجوية وثباتها خصوصاً إذا كانت الطائـرة على إرتفاع يزيد عن عشـرة آلاف قدم. شكل رقم (٢١٠ - ب)



شكل رقم (٢١٠) خطوط الطيران

ويجب على قائد الطائرة أن يحتفظ بالطائرة أفقية فى إتجاه الطيران وفى الإتجاه الجانبى مع ثبات سرعتها وإرتفاعها أثناء الطيران والتصوير وجدير بالذكر أن آلات التصوير الحديثة مزودة بأجهزة للتحكم والتوجيه وبوصلة جيروسكوبية وهذه الأجهزة تعدل أتوماتيكيا وضع آلة التصوير وتتحكم فى سرعة فتح العدسة والضوء للحصول على أفضل الصور.

المرحلة الثانية : إعداد الصور الجوية :

وتبدأ هذه المرحلة بعد الإنتهاء من عمليات التصوير الجوى. وتبدأ أولاً بتحميض وتثبيت الأفلام المصورة وإختبار جودتها، وما يكون فيها من عيوب مثل

وجود بقع على الفيلم الحساس أو نقط تتسبب في عدم ظهور بعض المعالم الطبوغرافية، وغيرها من الأمور الفنية. وجدير بالذكر أن هناك أنواع متعددة من أفلام التصوير لكل منها خصائصه ومميزاته نذكر منها ما يلي :

١ - أفلام بانوكروم Panochtromatic : وهي رخيصة الثمن ويمكن تخزينها لمدة ٣ - ٤ سنوات في ظروف عادية. وتظهر فيها المجارى المائية بلون فاتح. ومن عيوبها أنه لا يصلح إستخدامها في تصوير المناطق الصحراوية أو المناطق الجبسية أو الملحية أو التي تظهر فيها بحيرات ومستنقعات وذلك لتأثرها بالإنعكاسات الضوئية، فتظهر هذه المناطق بيضاء على الصورة.

٢- أفلام انفرد Infrred : وتستخدم في تصوير المناطق الصحراوية أو المناطق التي سبق ذكرها حيث لا تتأثر بالإنعكاسات الضوئية ولذا تظهر فيها المجارى المائية بلون داكن. ومن عيوبها أنها غالية في ثمنها وتكاليف تخزينها إذ لا بد من توافر غرف مكيفة الهواء ذات حرارة ورطوبة نسبية معينة.

٣- الأفلام الملونة Coloured : وهي أفضل الأنواع جميعاً ولكنها لا تستخدم إلا نادراً لإرتفاع ثمنها وتكاليف تحميضها وطبعها الباهظة.

وبعد تحميض الصور السلبية والتأكد من خلوها من العيوب الفنية وتتابع أرقامها والتأكد من أن التداخل الأمامي والجانبي طبقاً للمواصفات المقررة، وعدم وجود ثغرات في المنطقة خالية من التصوير والتأكد من أن التغيير في مقياس الرسم في حدود المسموح به، وتحديد مقدار الميل في الصور مبدئياً وما إذا كان مسموحاً به.. وتصبح السلبيات صالحة لطبع الصور الإيجابية.

وتبدأ الخطوة الثانية وهي طبع الصور الإيجابية، ويراعى عند طبعها ما يلي :

* مراعاة مقياس الرسم الثابت المطلوب، حيث أن مقياس الرسم في السلبيات قد يختلف من صورة لأخرى تبعاً لتغير إرتفاع الطائرة أثناء العمل.

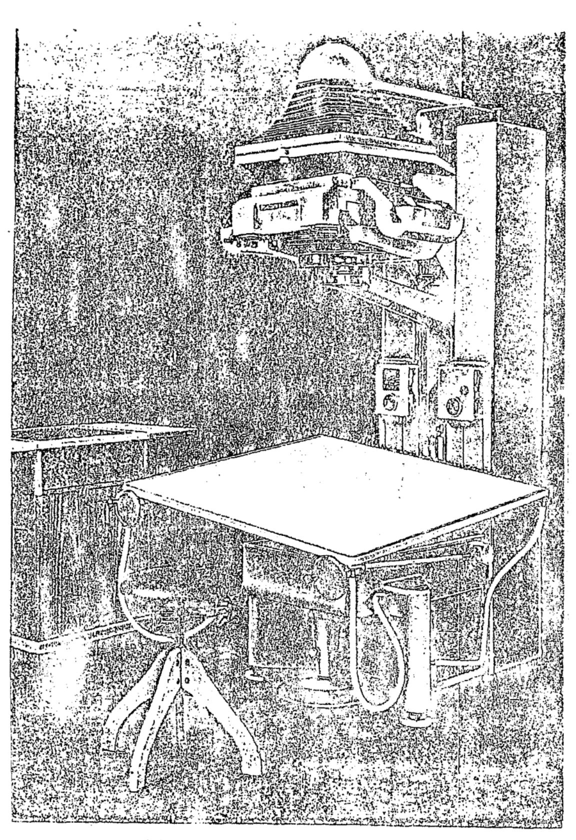
* مراعاة تعديل الصورة لتصبح رأسية تماماً، إذا كانت السلبيات بها ميل

ناتج عن ميل الطائرة أثناء العمل بسبب الظروف الجوية.

ويتم ذلك بإستخدام أجهزة تعديل الصور. وتتلخص فكرتها العامة فى وجود جهاز إسقاط (يمثل آلة التصوير) وأسفله طاولة (تمثل سطح الأرض). ويمكن التحكم فى المسافة بينهما لضبط الرسم المطلوب، كما يمكن التحكم فى إمالة الطاولة عن المستوى الأفقى وفى أى إتجاه بنفس درجة ميل الصورة وفى إتجاه الميل، دون تغيير لشروط الإسقاط المركزى Prespective الموجودة عند إلتقاط الصورة. والشكل رقم (٢١١) يبين أحد أجهزة تعديل الصور.

وتطبع الصور الإيجابية على ورق يراعى فيه أن يكون غير لامع «مطفى Matt» حتى يمكن إستخدام هذه الصور مع الأجهزة المختلفة الخاصة بالإبصار المجسم. وفى بعض الأحيان تطبع الإيجابيات على ألواح من الزجاج الرقيق تسمى Doiposotive وهو زجاج سمكه حوالى ملليمتر واحد شديد الشفافية والنقاء. وقد تكون هذه الإيجابيات الزجاجية بالحجم العادى، أى الأبعاد العادية للصور الجوية والأكثرها شيوعاً ١٨ × ١٨ سم وقد تكون مصغرة عن الحجم العادى لإستخدامها فى بعض أجهزة تحويل الصور إلى خرائط.

ونصل إلى الخطوة الثالثة، وهى عمل فهرس للصور. ويتم ذلك بوضع الصور الإيجابية بعد تعديلها مرتبة فى مواضعها الصحيحية، على شكل أشرطة متداخلة طولياً وجانبياً بحيث تظهر المظاهر الطبوغرافية المختلفة وكأنها متصلة على كل الصور، كما يظهر على حافة كل صورة رقمها المسلسل فى شريحة الطيران ورقم هذه الشريحة، ويتم تجميع الصور على لوحة كبيرة ويعاد تصوير المجموعة كلها لتكون بمثابة فهرس للصور Index. والشكل رقم (٢١٢) يوضح أحد فهارس الصور بعد تجميعه أما الشكل رقم (٢١٣) فيوضح خريطة لهذا الفهرس خاص بدولة الكويت.

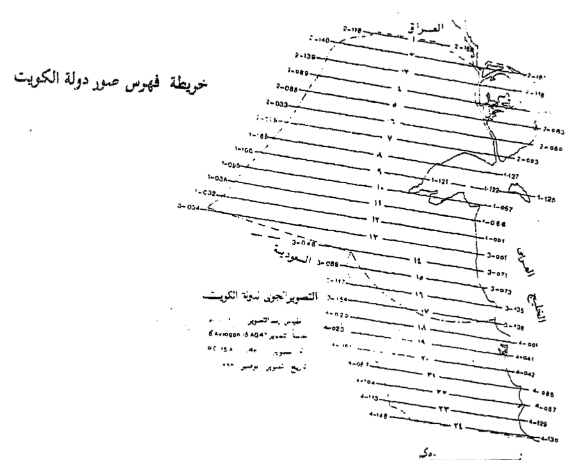


شكل رقم (٢١١) جهاز تعديل الصور طراز SEG إنتاج Zeiss



شكل رقم (٢١٢) فهرس الصور

مجموعة من الأخصائيين يقومون بتجميع الصور الجوية على لوحة كبيرة



تحقيق الربط الأرضى :

يجرى تحقيق بعض النقط الثابتة على سطح الأرض والتى سبق تحديد إحداثياتها ومناسيبها على خرائط قبل عملية التصوير مثل نقط المثلثات والروبيرات وبعض المنشآت الهامة، كما يتم تمييزها حتى تظهر الصور الجوية بوضوح. والغرض من هذا التحقيق هو ضبط مقياس رسم الصورة الجوية ومقارنة منسوب الصورة بالنسبة لمناسيب الأرض. وفى الواقع يختلف عدد النقط الثابتة على سطح الأرض باختلاف الغرض الذى تم من أجله التصوير. ففى حالة الموزيك (الخرائط المصورة)، ينبغى أن يكون هناك - على الأقل ثلاثة نقط معلومة - تسمى نقط الربط الأرضى Ground Control Points - فى كل صورة. أما فى حالة إستخدام الصورة فى أجهزة الإبصار المجسم لإنشاء الخرائط الكنتورية فيجب على الأقل، وجود نقطتين معلوم موقعهما ومنسوبهما.

إنشاء الموزيك (الخرائط المصورة) :Mosaic

الموزيك، هو مجموعة من الصور الجوية الفوتوغرافية المتتابعة المأخوذة فى شريط واحد أو عدة أشرطة متتابعة، وتلصق ببعضها بحيث تبدو المعالم الطبوغرافية فى صور متكاملة وطبيعية، حتى تمثل مع بعضها صورة واحدة لمساحة واسعة من الأرض. ويستعمل الموزيك لأعمال الاستكشاف العامة والدراسات العامة للمعالم المختلفة للمنطقة، كما يستعمل فى أغراض تخطيط المدن وتحديد مواضع المشروعات الكبرى. وغيرها من الدراسات التى لا تحتاج إلى عمليات الإبصار المجسم.

ويمتاز الموزيك عن الصورة الواحدة فى أنه يظهر مساحة كبيرة من الأرض، فهو نتاج تجميع عديد من الصور. كما أنه يمتاز عن الخرائط المرسومة بطرق المساحة الأرضية العادية بكثرة التفاصيل والسرعة وقلة التكاليف. ولكن من عيوبه أنه لا يمكن إستخدامه كخريطة يمكن إيجاد فروق المناسيب منها.

وتتوقف دقة الموزيك على دقة الربط الأرضى للصور. وتبعاً لذلك ينقسم الموزيك إلى قسمين رئيسين:

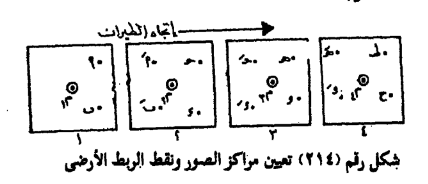
١ - الموزيك غير المربوط Uncontrolled Mosaic

وهو عبارة عن تجميع الصور بعد ترتيبها بجوار بعضها البعض بعد قص أجزاء منها (فى الأطراف) بعد مقارنة الأجزاء المتشابهة فى كل صورة مع الصور التى تجاورها بحيث تنطبق المعالم الطبوغرافية على بعضها، وتبدو كأنها متصلة. وهذا النوع من الموزيك يكون مقياسه غير مضبوط، خاصة إذا كان هناك إختلاف كبير فى مناسيب سطح الأرض.

ولعمل هذا الموزيك يجرى الآتى :

١ - تحدد مراكز الصور الجوية، وذلك برسم قطرى الصورة ويتخذ من تقاطعهما مركزاً للصورة.

٢ - تختار نقطتان لظاهرتين فى الجزء المشترك لكل صورتين متتاليتين على يمين ويسار المركز (بالنسبة لإتجاه الطيران). أى أن كل صورة يظهر عليها أربعة نقط، ويتم تثقيب هذا النقط الأربعة والمركز بدبوس (بدلاً من الرسم على الصورة مما يتلفها). كما فى الشكل رقم (٢١٤) وهكذا يستمر العمل فى باقى الصور. فنلاحظ أنه قد تعينت على كل صورة (ما عدا الصورتين الأولى والأخيرة فى شريحة الطيران) مركزها وأربع نقط إثنتان على الجانب الأيسر وإثنتان على الجانب الأيمن. ويفضل أن تكون هذه النقط متساوية البعد عن المركز بقدر الإمكان كما يفضل أن تكون فى مواضع تتساوى فى منسوبها مع المنسوب العام للمنطقة تقريباً. أى لا تكون على قمم جبلية أو فى قيعان منخفضات حتى نتجنب الزحزحة بسبب إختلاف المنسوب.



شكل رقم (٢١٤) تعيين مراكز الصور ونقط الربط الأرضى

٣ – تؤخذ ورقة شفاف مناسبة لتغطية المنطقة كلها، وتوضع الصورة الأولى تحت الطرف الأيسر العلوى لها [١]، ويوقع على الشفاف مركز الصورة والنقطتان السابق تثقيبهما على الصور. ثم تسحب هذه الصورة وتوضع الصورة الثانية تحت الشفاف، بحيث تنطبق النقطتان المثقبتان فيها على النقطتين السابق توقيعهما من الصورة السابقة. ثم يعين مركز الصورة الجديدة والنقطتان الجديدتان. ثم تسحب الصورة الثانية وتوضع الثالثة، وهكذا يستمر العمل حتى ننتهى من شريحة الطيران، فنبدأ فى الشريحة التى تليها وهكذا.

٤ – يمد خط يصل بين مراكز الصور على ورقة الشفاف (وهو خط الطيران الفعلى) كما فى الشكل رقم (٢١٥). ونبدأ فى رسم هذا الخط على الصور، وذلك بوضع كل صورة تحت ورقة الشفاف بحث ينطبق مركزها والنقط الجانبية على نظائرها فى ورقة الشفاف ثم ترسم خطاً من مركز الصورة بإتجاه مركز الصورة السابق لها ومركز الصورة التالية وهكذا.

شكل رقم (٢١٥) تسجيل مراكز الصور ونقط الربط على الورق الشفاف

٥ – تلصق الورقة الشفاف على لوح من الورق السميك (الكرتون). ثم نبدأ فى وضع الصورة الأولى، وذلك بغرس دبوس فى مركزها ودبوسان فى النقط السابق تحديدهما عليها، بحيث تنغرس هذه الدبابيس الثلاثة على مواقعها المحددة على ورقة الشفاف. ثم تلصق الصورة بشريط لاصق وترفع الدبابيس. ويكرر العمل بنفس الطريقة فى كل الصور التى تليها بالترتيب. بحيث ينطبق مركز كل منها والنقط الجانبية على نظائرها الموقعة على ورقة الشفاف، مستعينين فى ذلك بالخط الواصل بين مركز الصورة ومركزى

(١) بإعتبار أن إتجاه الطيران من الغرب نحو الشرق وأن شرائح الطيران مرتبة من الشمال نحو الجنوب.

الصورتين السابقة واللاحقة لها.

٦ – نقص الأجزاء الزائدة عن الحاجة فى كل صورة، وهى إما النصف الأيمن من الصورة اليسرى أو النصف الأيسر من الصورة اليمنى بشرط أن يتم القص عمودياً على الظاهرات الخطية الموجودة على الصور مثل الطرق والسكك الحديدية والمجارى المائية وحدود المبانى وغيرها. لذلك نلاحظ أن قص الصورة يكون متعرجاً فى غالب الأحيان.

٧ – يتم لصق الصور المقصوصة مع بعضها على لوح الكرتون فيتكون لدينا الموزيك، ويكتب عليها أسماء الظاهرات والمعالم. فتصبح فى النهاية خريطة مصورة كاملة للمنطقة.

٢ – الموزيك المربوط Controlled Mosaic

عبارة عن تجميع للصور الجوية بعد تصحيحها. والمقصود بالتصحيح هنا، تكبير أو تصغير السلبيات – قبل طبع الصور – حتى تصبح نقط التحكم الأرضى التى جرى تعيينها من قبل بالمساحة الأرضية والموقعة على لوحة بطريقة الإحداثيات، تنطبق على نظيراتها الظاهرة فى الصورة.

والموزيك المربوط أدق من النوع السابق، ويمكن إستخدامه بمثابة خرائط مصورة دقيقة المقياس. وقد يفضل إستخدامه فى بعض الدراسات على إستخدام الخرائط العادية. ولكن لا يمكن إستخدامه فى إنشاء الخرائط أو فى تعيين المناسيب.

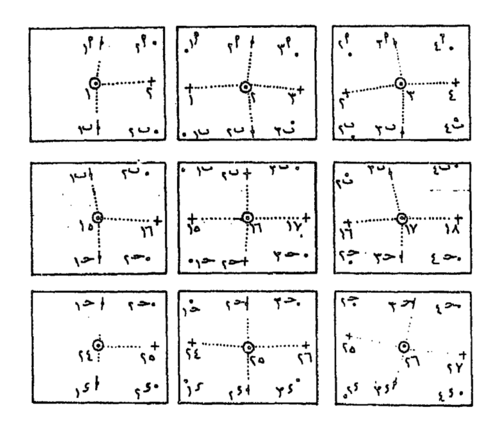
وللحصول على هذا الموزيك تتبع الخطوات التالية :

١ – يحدد على كل صورة مركزها ومركز الصورة السابقة لها وكذلك مركز الصورة اللاحقة – أى يحدد ثلاث نقط رئيسية عليها. وبطبيعة الحال ما عدا الصورة الأولى والأخيرة من كل شريحة طيران.

٢ – يختار ست نقط فى كل صورة (غير النقط الرئيسية الثلاث السابق توقيعها)

بحيث توضح هذه النقط معالم واضحة في الصورة والصورتين المجاورتين لها. ففي الشكل رقم (٢١٦) نلاحظ أن الصورة الوسطى في الشريحة رقم (١) تظهر فيها النقط أ١، أ٢، ب١، ب٢، مشتركة مع الصورة اليسرى. كما تظهر فيها أيضاً النقط أ٢، أ٣، ب٢، ب٣ مشتركة مع الصورة اليمنى. وفي نفس الوقت نلاحظ أن النقط ب١، ب٢ في الصورة اليسرى، ب١، ب٢، ب٣ في الصورة الوسطى، ب٢ب٣، ب٤ في الصورة اليمنى مشتركة مع نظيراتها في الشريط رقم (٢).... ويتم العمل بهذه الطريقة في جميع الصور التي تغطي المنطقة.

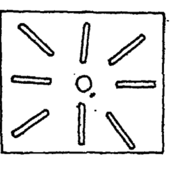
وتلزم لدقة العمل، وجود نقطتي مثلثات على الأقل في كل صورة كضوابط



شكل رقم (٢١٦) قواعد التوجيه في الموزيك المربوط

أولية أو بعض المعالم الطبوغرافية الدقيقة الوضوح والتحديد، مثل تقاطعات الطرق وربما كانت شجرة كضوابط ثانوية.

٣ – توضع قطعة من الورق المقوى (وفى بعض الأحيان تكون من السليوليد) فوق كل صورة، وبنفس أبعادها، وتنقل إليها النقط التسعة الخاصة بكل صورة. ويثقب مركز الصورة بثقب واضح (قطره ما بين ٣ – ٥ ملليمترات ثم يحفر شقاً طولياً بعرض مناسب (٣ – ٥ م) من مركز الصورة فى إتجاه النقط الثمانية الأخرى (شكل رقم ٢١٧). ويستخدم لذلك آلة خاصة لعمل الثقوب الدائرية والطولية تسمى Slotted Template.



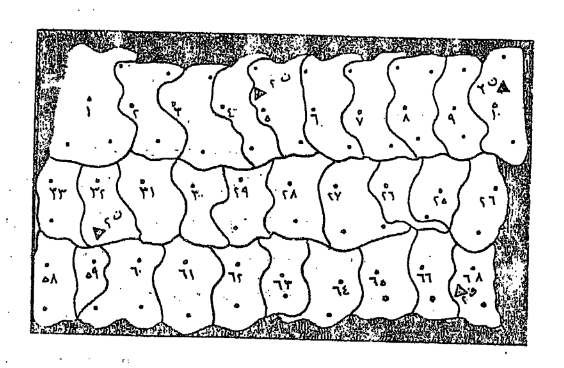
شكل رقم (٢١٧)

٤ – تجمع لوحات الكرتون بجوار بعضها تبعاً لمواضعها فى شرائط الطيران بحيث تتداخل (تغطى) الأجزاء المشتركة مع بعضها البعض تماماً. ويستخدم فى تثبيت هذه اللوحات مع بعضها مسامير خاصة Studes [١]، تدخل فى الشقوق الطولية المتداخلة فمثلاً النقطة ب٢، ب٣، جـ٣، جـ٣ تظهر كل منها فى ست صور أنظر شكل رقم (٢١٦) يجمع كل نقطة منها مسمار واحد.

٥ – يرسم على لوحة كبيرة شبكة الإحداثيات بمقياس رسم الصور الجوية، ويوقع عليها أربع نقط على الأقل عند الأركان من نقط الضوابط أو الربط الأولية – أى نقط المثلثات الأرضية المعلومة الإحداثيات.

٦ – توضع مجموعة لوحات الكرتون المتماسكة مع بعضها البعض بواسطة المسامير الخاصة على لوحة شبكة الإحداثيات، بحيث تنطبق النقط الأولية على نظيراتها. عندئذ تكون جميع مراكز الصور فى موقعها من حيث الإحداثيات. توقع أيضاً نقط الربط عن طريق مرور دبوس فى داخل محور الصور على لوحة الإحداثيات ويكتب بجوار كل منها رقم الصورة الخاصة بها شكل رقم (٢١٨).

٧ - ترفع مجموعة ورق الكرتون المتماسكة ونأتي بالصور الجوية ويقطع منها الأجزاء اللازمة لتغطية اللوحة مع الإستغناء عن الأجزاء المكررة (المتداخلة) وذلك بعد توجيهها التوجيه الصحيح بالنسبة لمركز الصورة ومركزي الصورتين المتجاورتين السابقة واللاحقة ومواقع نقط الربط الأخرى. ويجرى لصق هذه الصور فوق اللوحة الكرتون وبذلك نحصل على الموزيك المربوط.



شكل رقم (٢١٨) خريطة قاعدة مجمعة بواسطة ألواح الكرتون المثقوبة
(ن. م. = نقطة مثلثات) عن ديفز ١٩٥٣

بعض العلاقات الأساسية

تعريفات :

م : مقام مقيا س الرسم الكسرى أو الطرف الأيسر للمقياس النسبى

ع : إرتفا ع الطائرة.

هـ : متوسط منسوب سطح الأرض

ف : البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير

ق : طول خط القاعدة = طول المسافة الصافية من الصورة فى إتجاه الطيران

ط : المسافة بين كل خط طيران وآخر = طول المسافة الصافية من الصورة في إتجاه الطيران

و١ : عرض اللوح السالب فى إتجاه الطيران

و٢ : طول اللوح السالب عمودى على إتجاه خط الطيران.

ت١ : نسبة التداخل الطولى من الواحد الصحيح (أى ٦٠٪ = ٠,٦)

ت٢ : نسبة التداخل الجانبى من الواحد الصحيح

ن : الزمن

ن١ : مدة فتح العدسة بالثانية

س : سرعة الطائرة بالكيلومتر (أو الميل) فى الساعة

س١ : سرعة الطائرة بالمتر (أو القدم) فى الثانية

ذع : الإزاحة بسبب إختلاف المناسيب

د : المسافة المقاسة من الهدف إلى مركز الصورة (النقطة الأساسية)

ل : إرتفاع أو إنخفاض الهدف عن المتوسط العام لمنسوب سطح المنطقة

١ - إرتفاع الطيران :

ما من شك أنه كلما إرتفعت الطائرة، كلما كانت مساحة المنطقة التى تظهر فى الصورة أكبر، وبالتالى فإن مقياس رسم هذه الصورة يكون أصغر ومن ناحية أخرى، فهناك علاقة طردية بين مقياس الرسم والبعد البؤرى لعدسة آلة التصوير. إذ أن مقياس رسم الصور الجوية عبارة عن النسبة بين البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير وإرتفاع الطائرة عن سطح الأرض. لذلك يتم تحديد الإرتفاع الذى ينبغى أن تكون عليه الطائرة أثناء التصوير تبعاً لمقياس الرسم المطلوب للصور الجوية، والأخذ فى الإعتبار البعد البؤرى لعدسة التصوير المستخدم، فضلاً عن معرفة متوسط منسوب سطح الأرض حيث أنه عادة ما ينسب إرتفاع الطيران إلى مستوى سطح البحر وهو ما يحدده جهاز الألتميتر المثبت فى الطائرة. وتحدد المعادلة الآتية هذه العلاقة أنظر شكل رقم (٢١٩).

شكل رقم (٢١٩)

مقياس الرسم = إرتفاع الطائرة / البعد البؤرى = ع / ف

ويكون إرتفاع الطائرة عن سطح البحر : ع = (م × ف) + هـ

فإذا كان مقياس الرسم المطلوب للصور هو ١ : ٢٠٠٠٠ وكانت مناسيب سطح الأرض تتراوح بين ٢٠٠، ٨٠٠ متر. والبعد البؤرى لعدسة آلة التصوير المستخدمة ٢٠ سم.

فإن إرتفاع الطائرة = (٠٫٢ × ٢٠ ٠٠٠) − (٨٠٠ − ٢٠٠) / ٢

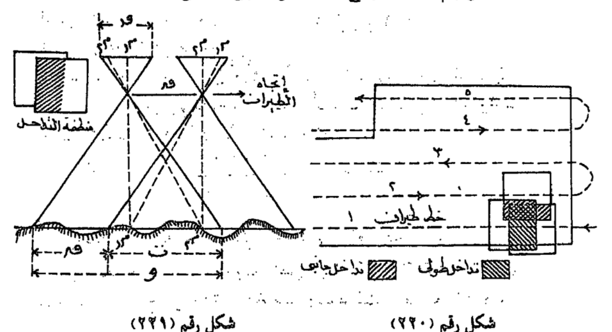
= ٤٠٠٠ + ٥٠٠ = ٤٥٠٠ متر فوق سطح البحر .

٢ – طول خط القاعدة

وهو المسافة التى تقطعها الطائرة بين موقعى نقطتى إلتقاط صورتين متتاليتين ويعتمد فى حسابه على نسبة التداخل Overlap الطولى (ويسمى أحياناً أمامى) فى إتجاه الطيران وعرض اللوح السالب

ويتحدد مقدار هذا التداخل حسب الغرض الذى ستستعمل فيه الصور الجوية. ففى حالة إنشاء الخرائط المصورة (الموزيك) يكفى أن يكون التداخل بين ٢٠، ٣٠٪ . أما فى حالة إنشاء خرائط كنتورية أو طبوغرافية أو لغرض الدراسات الجيولوجية والجيومورفولوجة . فيجب ألا يقل هذا التداخل الأمامى عن ٥٠٪ وعادة ما يكون ٦٠٪ . وذلك للتخلص من أطراف الصور التى قد يصيبها التشويه من ناحية ولأن هذا التداخل يعتبر من العناصر الرئيسية لرؤية الإبصار المجسم من ناحية أخرى. فضلاً عن تلافى الميل Tilt والإزاحة بسبب إختلاف مناسيب سطح المنطقة فى الأجزاء الهامشية من الصور.

والشكل رقم (٢٢٠) يوضح لنا التداخل الطولى والجانبى.



شكل رقم (٢٢٠)
التداخل الطولى والجانبى

شكل رقم (٢٢١)
قياس طول القاعدة الهوائية

أما التداخل الجانبى Sidelap (أو العرضى) فيقصد به التداخل بين شرائح الطيران، وهو عادة يتراوح بين ٢٥ ، ٣٠٪ من عرض الصورة الذى يكون عمودياً على إتجاه الطيران.

ومن الشكل رقم (٢٢١) يمكن إستنتاج المعادلة الآتية :

$$\text{ق} = \text{م} \times \text{و}_1 (1 - \text{ت}_1)$$

وتؤخذ الصور من الطائرة تبعاً لنظام معين يجب فيه حساب الفترة الزمنية التى تمضى بين إلتقاط كل صورة والصورة التالية لها. بحيث تحقق هذه الفترة الزمنية نسبة التداخل الأمامى المطلوب. وترتبط الفترات الزمنية بين إلتقاط الصور بسرعة الطائرة وطول خط القاعدة الهوائية والذى يساوى المسافة الصافية المغطاة من سطح الأرض فى الصورة وبإعتبار أن سرعة الطائرة س. ك. م. / ساعة،

$$\text{يكون الزمن اللازم بين كل صورة وأخرى} = \frac{\text{طول خط القاعدة}}{\text{سرعة الطائرة}}$$

$$\text{ن} = \frac{\text{ق}}{\text{س}}$$

فإذا كان مقياس رسم الصور ١ : ٢٠٠٠٠ وأبعاد اللوح السالب ٢٥ × ٢٥ سم والتداخل الطولى ٦٠٪ وسرعة الطائرة ١٨٠ ك. م. / ساعة.

$$\text{ق} = ٢٠,٠٠٠ \times ٠,٢٥ (١ - ٠,٦) = ٢٠٠٠ \text{ متر} = ٢ \text{ ك.م.}$$

$$\text{، ن} = \frac{٢}{١٨٠} \times ٦٠ \times ٦٠ = ٤٠ \text{ ثانية}$$

٣ - عدد خطوط الطيران (الشرائح) :

لتحديد عدد خطوط الطيران، يتم ذلك عن طريق معرفة أبعاد المنطقة المطلوب تغطيتها بالصور الجوية ونسبة التداخل الجانبى بين كل شريحة وأخرى فضلاً عن مقياس الرسم المقرر للصور الجوية.

والمعادلة التالية توضح المسافة بين كل خط طيران وآخر، ومنها يمكن حساب عدد خطوط الطيران أو عدد الشرائح.

$$\text{ط} = \text{م} \times \text{و}_2 (1 - \text{ت}_2)$$

وبالتالى يكون عدد خطوط الطيران = عرض المنطقة المراد تغطيتها بالصور الجوية مقسوماً على المسافة بين كل خط طيران وآخر + ١ .

إذ أنه من المعتاد إضافة خط طيران على الناتج المحسوب طبقاً للمعادلة السابقة وذلك حتى تظهر المنطقة والجوانب المحيطة بها، كما يفضل دائماً أن يكون إتجاه الطيران في الإتجاه الطولى للمنطقة حتى نحصل على أقل عدد من خطوط الطيران.

فمثلاً إذا كان المطلوب تغطية منطقة أبعادها ٣٠ × ٢٠ ك. م. بالصور الجوية، بمقياس رسم ١ : ٢٠٠٠٠ وكانت أبعاد اللوح السالب ٢٥ × ٢٥ سم ونسبة التداخل الجانبى ٣٠٪.

فإن ط = ٢٠٠٠٠ × ٠,٢٥ × (١ – ٠,٣٠) = ٣٥٠٠ متر = ٣,٥ ك.م.

ويكون عدد خطوط الطيران = $\frac{٢٠}{٣,٥}$ + ١ = ٦,٧ تقريباً = ٧ شرائح

٤ – حساب عدد الصور اللازمة لمنطقة :

عندوضع خطة للتصوير الجوى، يجب التأكد من أن الصور سوف تغطى المنطقة المطلوب تصويرها كلها. مع الأخذ فى الإعتبار التداخلات الطولية والجانبية. وذلك حتى تقلع الطائرة ومعها كمية من الأفلام تكفى لتغطية المنطقة بالإضافة إلى إحتياطى منها يقدر دائماً بـ ١٠ ٪ من عدد الصور الكلى.

وفى العادة يعمل تقدير مبدئى لعدد الصور وذلك بقسمة المساحة الكلية للمنطقة على المساحة الصافية التى تغطيها صورة واحدة .

المساحة الصافية للصورة = ق × ط

وتكون عدد الصور اللازمة للمنطقة = $\frac{\text{مساحة المنطقة}}{\text{ق} \times \text{ط}}$

ولتحديد عدد الصور فى كل شريحة طيران، نجد أن عدد الصور أصلاً هو عبارة عن عدد المسافات بين كل صورتين متتاليتين أو خط القاعدة (ق) .

فيكون عدد الصور فى كل شريحة = $\frac{\text{طول المنطقة}}{\text{ق}}$ + ٤

ونلاحظ إضافة أربعة صور فى كل شريحة، صورتان منهما فى بداية خط

الطيران وصورتان في نهاية خط الطيران. وذلك كمعامل أمان لكى يمكن إجراء الإبصار المجسم للمنطقة الموجودة عند بداية ونهاية كل شريحة.

وفي بعض الحالات - مثل الموزيك - يكتفى بإضافة صورة واحدة في بداية خط الطيران وصورة في نهايته، أى يضاف صورتين فقط في كل شريحة طيران.

ويكون عدد الصور الكلى للمنطقة عبارة عن عدد الصور في كل شريحة طيران مضروباً في عدد شرائح الطيران أو خطوط الطيران.

مثال (١) :

المطلوب تغطية منطقة أبعادها ٣٠ × ٥٠ كيلو متر بالصور الجوية مقياس ١ : ١٥٠٠٠ علماً بأن أبعاد اللوح السالب ٢٠ × ٢٥ سم والتداخل الأمامى ٥٠٪ والجانبى ٢٠٪ - فما هى عدد الصور المطلوبة بالتقريب وعدد الصور بالتفصيل.

الإجابة :

١ - طول خط القاعدة «ق» = م × و١ (١ - ت١)
= ١٥٠٠٠ × ٠,٢٠ (١ - ٠,٥٠)
= ١٥٠٠ متر = ١,٥ ك. م.

٢ - عدد الصور في كل خط طيران= $\frac{٥٠}{١,٥}$ + ٤
= ٣٧,٣٣ صورة = ٣٨ صورة

٣ - عرض شريحة الطيران «ط» = م × و٢ (١ - ت٢)
= ١٥٠٠٠ × ٠,٢٥ (١ - ٠,٢٠)
= ٣٠٠٠ متر = ٣ ك. م.

٤ - عدد خطوط الطيران = $\frac{٣٠}{٣}$ + ١ = ١١ خط طيران

٥ - عدد الصور الكلى = ٣٨ × ١١ = ٤١٨ صورة

عدد الصور بالتقريب (المبدئى) = (٣٠ × ٥٠) / (١,٥ × ٣)

= ٣٣٣,٣ صورة = ٣٣٤ صورة

مـثال (٢) :

المطلوب حساب عدد الصور الجوية اللازمة لتغطية منطقة مستطيلة الشكل عرضها ٢٢ ميلاً وطولها ٢٧ ميلاً، يراد تصويرها جوياً بغرض إنشاء خرائط كنتورية وكانت آلة التصوير المستخدمة ذات بعد بؤرى قدره ٧ بوصات وأبعاد اللوح السالب ٧ × ٨ بوصات. ومقياس الرسم المطلوب ١ : ١٨٠٠٠ والتداخل الطولى ٧٠٪ والجانبى ٣٠٪.

الإجابة :

طول خط القاعدة «ق» = م × و١ (١ - ت١)

= ١٨٠٠٠ × ٧/١٢ × ٠,٣ = ٣١٥٠ قدم

∴ طول المنطقة بالأقدام = ٢٧ × ١٧٦٠ × ٣ = ١٤٢٥٦٠ قدم

عدد الصور فى كل خط طيران = (١٤٢٥٦٠ ÷ ٣١٥٠) + ٤

= ٤٩,٢٦ وبالتقريب = ٥٠ صورة

المسافة بين كل خطى طيران «ط» = م × و٢ (١ - ت٢)

= ٨٠٠٠ × ٨/١٢ × (١ - ٠,٣)

= ٧٢٠٠ قدم

عرض المنطقة بالأقدم = ٢٢ × ١٧٦٠ × ٣ = ١١٦١٦٠ قدم

عدد الشرائح «خطوط الطيران» = (١١٦١٦٠ ÷ ٧٢٠٠) + ١

= ١٧,١٣ وبالتقريب ١٨ شريحة

عدد الصور اللازم لتغطية المنطقة = ٥٠ × ١٨ = ٩٠٠ صورة

٥ - تحديد مقياس رسم الصور الجوية :

أشرنا من قبل، أنه يمكن تعيين مقياس رسم الصورة الجوية عن طريق معرفة

العلاقة بين البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير المستخدمة وإرتفاع الطائرة عن متوسط منسوب سطح المنطقة. ولكن هناك عوامل غير ثابتة تؤثر على مقياس الرسم، أهمها تغير مناسيب سطح الأرض وميل الطائرة. ولهذا فإن مقياس رسم الصورة المدون عليها يكون مقياساً تقريبياً وليس دقيقاً.

ويمكن تحديد مقياس رسم الصورة بطريقة أدق، بقياس أبعاد بين أهداف على الصورة ومقارنتها بنظيراتها المقاسة فى الطبيعة أو على خريطة دقيقة للمنطقة المصورة. ومثل هذه المسافات يجب أن تكون بين نقط محددة تحديداً جيداً على كل من الصورة والخريطة أو الطبيعة. ويراعى فى إختيار هذه النقط ما يلى :

* أن تكون المسافات بينها بطول كاف على الصورة ويكون موقعها بحيث تمثل المقياس المتوسط للصورة.

* بما أن تأثير الميل – فى الصورة المائلة – يكون على إمتداد شعاع من مركز الصورة [1] ومتكافئاً على الجانبين المتقابلين فى الصورة فإن البعد المقاس يجب أن يمر بهذا المركز أو قريباً منه على الأقل.

* ينبغى أن تكون النقطتان المحددتان لطرفى البعد المقاس، ذات منسوب واحد حتى نتلافى تأثير إختلاف المنسوب.

وفى هذه الحالة يكون مقياس الرسم الدقيق للصورة عبارة عن النسبة بين طولى المسافة المقاسة على الطبيعة بين النقطتين أ ، ب مثلاً والمسافة المناظرة لها على الصورة بين صورتى هاتين النقطتين ولتكن $أ_1$، $ب_1$.

$$\text{مقياس رسم الصورة} = \frac{\text{طول المسافة } أ_1 \, ب_1}{\text{طول المسافة أ ب}}$$

فإذا فرضنا أن المسافة بين نقطتى ترافيرس على خريطة ما بمقياس ١ : ٢٠,٠٠٠، كانت ١٢ سنتيمتراً. وكانت المسافة بين صورتى هاتين النقطتين على صورة جوية ١٢,٢٤ سم.

---

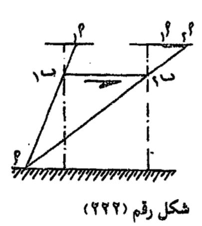
(١) يقصد بمركز الصورة هنا المسقط الرأسى لموقع آلة التصوير والذى يظهر فى الصورة المائلة منحرفاً عن مركزها القطرى.

$$\text{فيكون مقياس رسم الصورة الدقيق} = \frac{١٢,٢٤}{١٢ \times ٢٠٠٠٠٠}$$

$$= \frac{١}{١٩٦٠٧,٨} = ١ : ١٩٦٠٠$$

٩ - تحديد أقصى مدة لسرعة فتح عدسة آلة التصوير :

للحصول على صور واضحة Sharp Photos للأهداف يجب تحديد مدة فتح عدسة آلة التصوير، أى مدة تعرض الفيلم (أو اللوح السالب) للضوء تبعاً لحالة الرؤية أثناء التصوير. فعندما تكون الشمس ساطعة وحالة الرؤية جيدة تزداد سرعة فتح العدسة لتصل إلى $\frac{١}{٥٠٠}$ من الثانية فى بعض الأحيان. وتزداد مدة فتح العدسة كلما كانت حالة الرؤية أقل، مثل وجود الغيوم التى تظلل المنطقة وتحجب عنها ضوء الشمس. ولكن لابد من حد معين لا تتجاوزه مدة فتح العدسة حتى لا يزيد قطر دائرة التشويه Circle of Confusion عن ٠,٠٥ ملليمتر. إذ أنه عند فتح العدسة لإلتقاط الصورة فإن الهدف أ يظهر على اللوح السالب عند $أ_١$. فإذا كانت مدة فتح العدسة $ن_١$ من الثانية، فإن الطائرة تنتقل خلال هذه المدة من الوضع $ب_١$ إلى الوضع $ب_٢$. وتصبح صورة الهدف أ عبارة عن الخط $أ_١$ $أ_٢$ والذى يسمى بدائرة التشويه ويجب ألا يزيد طوله عن ٠,٠٥ ملليمتر كما سبق الذكر. والشكل رقم (٢٢٢) يوضح ذلك.


شكل رقم (٢٢٢)

ولتحديد أقصى فترة لفتح عدسة آلة التصوير ($ن١$) تستخدم المعادلة التالية بعد أن نأتى أولاً بسرعة الطائرة بالمتر / ثانية ($س١$)

$$س١ = \frac{\text{سرعة الطائرة ك. م. / ساعة} \times ١٠٠٠}{٦٠ \times ٦٠} \quad ، \quad ن١ = \frac{ع \times ٠,٠٠٠٠٥}{ف \times س١}$$

فمثلاً إذا كان إرتفاع الطائرة ٢٥٠٠ متر وسرعتها ١٨٠ كيلو متراً فى الساعة والبعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ٢٠ سم.

فإن سرعة الطائرة بالمتر فى الثانية

$$س_1 = \frac{١٨٠ \times ١٠٠٠}{٦٠ \times ٦٠} = ٥٠ \text{ متر/ثانية}$$

ومدة فتح العدسة يجب ألا تزيد عن

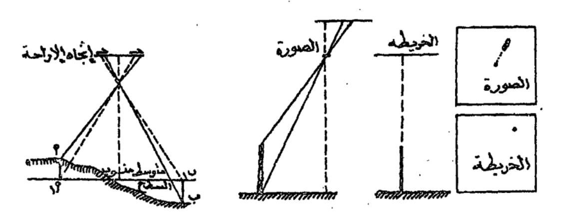
$$ن_1 = \frac{٢٥٠٠ \times ٠,٠٠٠٠٥}{٠,٢ \times ٥٠} = \frac{١}{٨٠} \text{ ثانية}$$

أى أن أقصى مدة لفتح العدسة يجب ألا تزيد عن $\frac{١}{٨٠}$ من الثانية.

٧ – قياس الإزاحة الناتجة بسبب إختلاف المناسيب :

إن الصور الجوية المأخوذة لأرض أفقية تماماً وبواسطة آلة تصوير محورها رأسى تماماً، تبين مواقع الأهداف بالضبط كما يجب أن تكون على الخريطة. ولكن نظراً لأنه من النادر أن تكون الأرض أفقية تماماً، فإنه يحدث بعض الإزاحة القطرية Radial Displacement للأهداف المرتفعة أو المنخفضة نتيجة لإختلاف مناسيبها عن المتوسط العام لمنسوب المنطقة.

ويمكن أن نأخذ مثالاً بسيطاً لتوضيح هذه الظاهرة، ولتكن مئذنة. فمن البديهى أن تظهر على الخريطة على شكل نقطة، لأن موقع أعلى نقطة فيها ينطبق على محورها. ذلك لأن مسقط الخريطة عمودياً Orthogonal أما على الصورة الجوية، فإن المئذنة تظهر على شكل خط محوره شعاع يبدأ من مركز الصورة، أى أن قمة المئذنة تظهر مزاحة عن قاعدتها بمقدار طول هذا الخط وذلك لأن الصورة الجوية عبارة عن مسقط مركزى Prespective والشكل رقم (٢٢٣) يوضح لنا ذلك.



شكل رقم (٢٢٣) مقارنة مسقط الصورة بمسقط الخريطة

شكل رقم (٢٢٤) إزاحة النقط بسبب إختلاف المنسوب

ومن الشكل رقم (٢٢٤)، نلاحظ أن النقط المرتفعة عن المتوسط العام لمنسوب سطح المنطقة، تظهر مزاحة قطرياً نحو أطراف الصورة. وبالتالى يجب أن يكون تصحيح موقعها فى إتجاه مركز الصورة. بينما النقط المنخفضة عن المتوسط العام لمنسوب سطح المنطقة تظهر مزاحة قطرياً نحو مركز الصورة. وبالتالى يجب تصحيح موقعها إلى الخارج فى إتجاه أطراف الصورة.

ولمعرفة مقدار الإزاحة الناتج بسبب إختلاف المناسيب (ز ع). تستخدم المعادلة الآتية :

$$\text{ز ع} = \frac{\text{المسافة من مركز الصورة} \times \text{المنسوب}}{\text{إرتفاع الدائرة}} = \frac{\text{د ل}}{\text{ع}}$$

فإذا كان لدينا صورة جوية رأسية أخذت من إرتفاع ٣٠٠٠ متر فوق متوسط سطح الأرض. يظهر فيها الهدف أ ومنسوبه يرتفع عن مستوى المقارنة بمقدار ٦٥ متراً على بعد ١٢,٩ سم من مركز الصورة. كما يظهر الهدف ب ومنسوبه ينخفض عن مستوى المقارنة بمقدار ٤٠ متراً على بعد ٦,٨ سم. فما مقدار وإتجاه الإزاحة لكل من الهدفين.

$$\text{حالة النقطة أ : } ز_ع = \frac{٦٥ \times ١٢,٩}{٣٠٠٠} = ٠,٢٨ \text{ سم}$$

وحيث أنها ترتفع عن مستوى المقارنة، معنى ذلك أنها مزاحة نحو الخارج عن موقعها الحقيقى. ويكون تصحيح موقعها بإزاحتها نحو مركز الصورة بمقدار ٠,٢٨ سنتيمتر.

$$\text{حالة النقطة ب : } ز_ع = \frac{٤٠ \times ٦,٨}{٣٠٠٠} = ٠,٠٩ \text{ سم}$$

ولما كانت هذه النقطة تنخفض عن مستوى المقارنة، فذلك يعنى أنها مزاحة نحو الداخل. ويكون تصحيح موقعها بإزاحته قطرياً نحو الخارج (إلى أطراف الصورة) بمقدار ٠,٠٩ سم.

تمارين

١ – صورة جوية أبعادها ٢٤ × ٢٤ سم تمثل منطقة مساحتها ١٦ كيلو متراً مربعاً. صورت بآلة تصوير بعدها البؤرى ١٢ سم. فما هو إرتفاع الطائرة عن سطح الأرض؟

٢ – إذا كان البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ١٥ سم وإرتفاع الطائرة عن سطح الأرض ٦٤٥٠ متراً وكان متوسط منسوب سطح الأرض يتراوح بين ٣٥٠ و ٥٥٠ متراً. فما هو مقياس رسم الصور الجوية الناتجة؟

٣ – كم يكون إرتفاع الطائرة عن سطح الأرض إذا كان البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ١٥ سم ومقياس الرسم المطلوب للصور ١ : ٣٠,٠٠٠؟

٤ – إذا كان البعد البؤرى لآلة التصوير ٢٠ سنم ومقياس الرسم المطلوب للصور ١ : ٢٠,٠٠٠ ومتوسط سطح الأرض ٣٥٠ متراً، كم يكون إرتفاع الطائرة عن سطح البحر؟

٥ – المسافة بين هدفين على صورة جوية ١٢ سم وفى الطبيعة ٣ ك. م. وكان البعد البؤرى ١٥ سم. ما هو إرتفاع الطائرة؟

٦ – ظهر وادى فى صورة جوية بطول ١٠,٥ سم فإذا كان طوله فى الطبيعة ٤٢٠٠ متراً ما مقياس رسم هذه الصورة؟

٧ – إذا كان مقياس رسم صورة جوية ١ : ٤٠,٠٠٠ ونسبة التداخل ٦٠٪ وأبعاد الصورة ٣٠ × ٣٠ سم. كم يبلغ طول خط القاعدة في الطبيعة وعلى الصورة؟

٨ – إذا كانت سرعة الطائرة ٢٤٠ ك. م./ ساعة والبعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ٢٠ سم وإرتفاع الطائرة ٣٠٠٠ متر عن سطح الأرض. ما هى سرعة فتح العدسة بحيث لا يزيد قطر دائرة التشويه عن ٠,٠٥ ملليمتر؟

٩ – المطلوب إنتاج صور جوية بمقياس ١ : ٢٠,٠٠٠ لا يزيد فيها قطر دائرة التشويه عن ٠,٠٥ ملليمتر. وكان البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ٢٠ سم ومتوسط سطح الأرض صفر وسرعة الطائرة ١٤٤ ك. م. /ساعة كم تكون مدة فتح العدسة؟

١٠ – فى صورة جوية أخذت من إرتفاع ٤٠٠٠ متر فوق متوسط سطح الأرض ظهر خزان مياه قيست المسافة بين قاعدته ومركز الصورة فكانت ٢٥ سم والمسافة بين قمته ومركز الصورة ٢٥,٥ سم. كم يبلغ إرتفاع هذا الخزان؟

١١ – ظهر الهدف أ على بعد ١٥ سم من مركز الصورة ومنسوبه ٦٠ متر فوق مستوى سطح المقارنة كما ظهر الهدف ب على بعد ١٢,٤ سم ومنسوبه ٥٠ متراً تحت مستوى سطح المقارنة. فما مقدار الإزاحة لكل من الهدفين وإتجاه التصحيح لكل منهما علماً بأن إرتفاع الطائرة ٤٠٠٠ متر عن سطح الأرض؟

١٢ – ظهر برج على صورة جوية المسافة بين قمته وقاعدته ٠,٤ سم والمسافة بين مركز الصورة وقاعدته ١٥ سم. فما هو إرتفاعه إذا كان إرتفاع الطائرة عن سطح الأرض ٣٠٠٠ متر؟

١٣ – إذا كان إرتفاع الطائرة ٤٠٠٠ متر والهدف أ على بعد ٧,٥ سم من مركز الصورة ومنسوبه + ٨٠ متراً فوق متوسط سطح الأرض والهدف ب على بعد ٨ سم ومنسوبه – ٥٠ متراً. فما مقدار الإزاحة اللازمة لكل منهما وإتجاه التصحيح.

١٤ – مطلوب وضع خطة لتصوير مدينة الإسكندرية ٦٥ × ٣٠ ك. م. ومتوسط منسوبها هو سطح البحر لإنتاج صور جوية بمقياس ١ :

٢٠,٠٠٠ وكان البعد البؤرى لآلة التصوير ١٦ سم وأبعاد اللوح السالب ٢٤ × ٢٤ سم والتداخل الطولى ٦٠٪ والجانبى ٢٥ ٪ وسرعة الطائرة ٢٧٠ ك. م. /ساعة. المطلوب :

* معرفة إرتفاع الطائرة عن سطح البحر.
* عدد شرائح الطيران وعدد الصور في كل شريحة.
* سرعة فتح العدسة بحيث لا يزيد قطر دائرة التشويه عن ٠,٠٣ ملليمتر.
* الزمن اللازم بين كل صورة وأخرى.
* ظهر برج تليفزيون بطول ٠,٢ ملليمتر وعلى بعد ١٠ سم من مركز الصورة فكم يبلغ إرتفاعه.

١٥ – منطقة أبعادها ١٠٠ × ٦٠ ك. م. مطلوب تصويرها لإنتاج صور بمقياس ١ : ٢٥٠٠٠. وكان البعد البؤرى لآلة التصوير ١٢ سم وأبعاد اللوح السالب ٢٤ × ٢٤ سم والتداخل الطولى ٦٠٪ والجانبى ٢٥٪ ومتوسط سطح الأرض بين ١٠٠ ، ٥٠٠ متر وسرعة الطائرة ١٨٠ ك. م. /ساعة. المطلوب :

* إرتفاع الطائرة عن سطح البحر.
* عدد الشرائح وعدد الصور فى كل شريحة
* الزمن اللازم بين كل صورة وأخرى.
* مدة فتح العدسة بحيث لا يزيد قطر دائرة التشويه عن ٠,٠٥ ملليمتر.

١٦ – ظهرت مئذنة مسجد فى صورة جوية على أرض منسوبها ١٨٠ متراً فوق سطح البحر وكان إرتفاع الطيران ٢٥٠٠ متراً عن سطح البحر. قيست المسافة بين قمة المئذنة وقاعدتها فكانت ٠,٣٥ سم وقيست المسافة بين مركز الصورة وقمة المئذنة ٢٥,٣٨ سم. كم يكون إرتفاع المئذنة؟

***

الفصل الحادى عشر

الإبصار المجسم

Sereoscopic Vision

أنعم الله عز جلاله، على الإنسان بنعمة النظر، ووهبه عينين تعمل كل منهما كآلة تصوير كاملة. إذ تسجل كل عين - على شبكيتها - المرئيات، بصورة تختلف إختلافاً بسيطاً عن الصورة المسجلة على شبكية العين الأخرى.

وكل عين تهيئ نفسها لهذه الرؤية بحركتين منفصلتين. وهما يركزان البعد البؤرى لهما للحصول على الرؤية الواضحة تبعاً للبعد بين العين والهدف أو المرئى (١). ومع بعض الإنحراف البسيط فى محور النظر، تكون كل عين موجهة ناحية المرئى بطريقة تجعل صورته تتكون أو تنطبع على الجزء الحساس فى قاع العين (الشبكية). فإذا نظرت العينان إلى هدف قريب على بعد متر أو مترين مثلاً، فإنه تنطبع على شبكية العين اليمنى صورة للجزء الأمامى مع بعض الجانب الأيمن لهذا الهدف، بينما تنطبع على شبكية العين اليسرى الجزء الأمامى مع بعض الجانب الأيسر لنفس الهدف. وينقل عصب الإبصار هاتين الصورتين إلى المخ الذى يدمجهما معاً فى صورة واحدة مجسمة معتدلة الوضع.

أما إذا نظر الفرد إلى هدف بعين واحدة فقط Monocular Vision فإنه لايشعر بتجسيمه ومن ثم لا يمكنه تقدير مدى قربه أو بعده بالنسبة للأهداف المحيطة بهذا الهدف. ومن ثم يمكن تعريف الإبصار المجسم بأنه القدرة على تمييز البعد الثالث للمرئيات والإحساس بشكلها مجسماً فى الفراغ.

يبين الشكل رقم (٢٢٥) هدفين د١، د٢ على إمتداد خط نظر العين

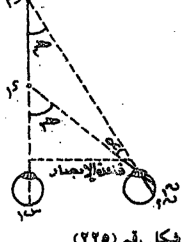
---

(١) تكيف عدسة العين نفسها للرؤية، فتنبسط العدسة عندما يكون الهدف بعيداً أو كان الضوء خافتاً، ويشتد تكورها إذا كان الهدف قريباً أو كان الضوء شديداً، تماماً كما نفعل بآلة التصوير العادية عندما نغير البعد البؤرى لعدستها تبعاً لقرب الهدف أو بعده أو نغير من سعة العدسة تبعاً لحالة الضوء.

اليسرى. ولرؤية الهدف د١ تنطبع صورته عند س١ فى العين اليسرى. ن١ فى العين اليمنى. أما الهدف د٢ فلاتراه العين اليسرى (إذ يحجبه عنها الهدف د١)، بينما تنطبع صورته عند ن٢ في العين اليمنى. وتسمى الزاويتان هـ١ ، هـ٢ بزاويتى إبتعاد المرئى، والزاوية α تسمى بزاوية فرق الإبتعاد، ولها أهمية خاصة لأنها تعتبر كمقياس لتعيين المسافة بين الهدفين د١ ، د٢ فى الفراغ.

وتستعمل هذه النظرية فى أجهزة الإبصار المجسم لتعيين المسافات النسبية بين النقط وإختلاف إرتفاعاتها من أزواج الصور Stereo Pairs .

وتحدد الشروط الطبيعية التالية المسافة التى يمكن منها القدرة على الإبصار المجسم.



شكل رقم (٢٢٥)

١ - المسافة بين عدستى العينين وتتراوح بين ٦٠ ، ٧٠ ملليمترا وتسمى بقاعدة الإبصار Eye Base .

٢ - إذا قلت زاوية إبتعاد المرئى (هـ) عن ٢٠ ثانية فى المتوسط. فإن الإنسان العادى لا يمكنه الإحساس بإختلاف مواضع الأهداف أى الإبصار المجسم. فقد أثبتت التجربة أن الإنسان المدرب لديه القدرة على الإحساس بالتجسيم حتى ٥ ثوان. كما أن بعض الأشخاص ليس لديهم القدرة على الإبصار المجسم بالمرة. ولايمكن للإنسان أن يشعر بالرؤية المجسمة إذا زادت هذه الزاوية عن ١٦° وذلك عندما يكون الهدف المرئى على بعد حوالى ٢٥ سم تقريباً من العين، وإن كان البعض لديه القدرة على الرؤية المجسمة حتى بعد ١٥ سم من العين.

ومن هذين الشرطين، نجد أنه لا يمكن الإحساس بالإبصار المجسم أو بإختلاف بعد الأهداف إذا زادت المسافة عن ٦٠٠ - ٧٠٠ متر تقريباً. إلا أنه يمكن تقدير المسافة التى تزيد عن ذلك بالإستعانة بالحجم النسبى للأهداف

المرئية والضوء والظل وغير ذلك.

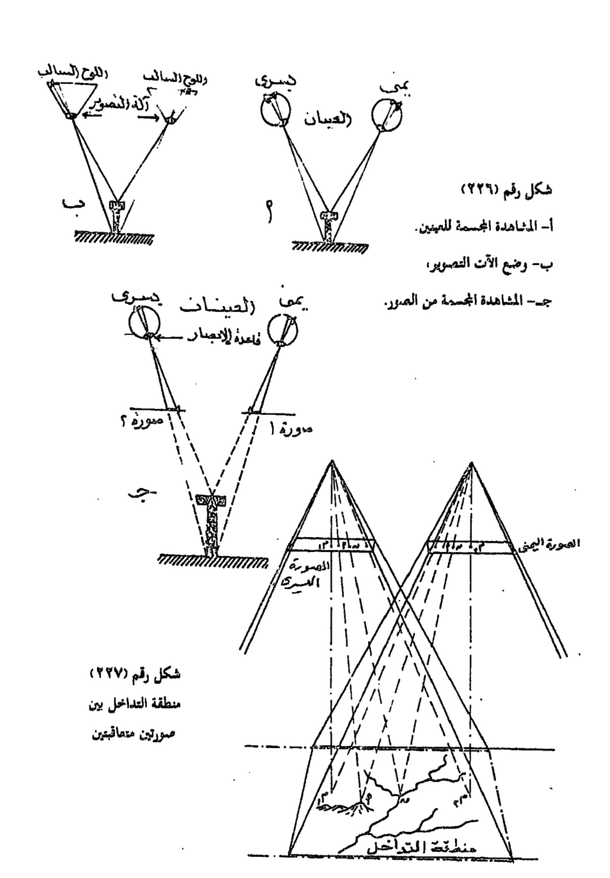
ويمكن زيادة مدى الرؤية المجسمة، إما بزيادة قاعدة الإبصار صناعياً بواسطة مجموعة من المرايا والمنشورات تضاعف طول قاعدة الإبصار وبذلك تزيد زاوية الإبتعاد (هـ) بنفس النسبة. أو بتكبير مجال الإبصار بإستعمال مجموعة من العدسات كما فى المناظير المقربة (التلسكوب) فتزداد مسافة الإبصار المجسم طردياً مع نسبة التكبير.

وفى المساحة التصويرية نحصل على الإبصار المجسم بأخذ صور من الطائرة من نقط مختلفة بحيث يكون فى كل صورة والتى تليها جزء مشترك بينهما ويكون خط القاعدة أطول من قاعدة الإبصار. ثم نطبق أسس الإبصار المجسم على المساحة المشتركة بين أزواج الصور.

المشاهدة المجسمة من الصور :

من الممكن تطبيق الأساس الذى سبق شرحه لرؤية نموذج مجسم من زوج من الصور، وذلك إذا إستبدلنا المرئيات الموجودة فى الفراغ الحجمى للعينين فى الطبيعة بصورتين مأخوذتين لهما من نقطتين مختلفتين فإذا نظرنا إلى هاتين الصورتين من أماكن تقابل مركز الصورتين، بحيث تبصر العين اليمنى الصورة التى إلتقطت من النقطة الأولى، وتبصر العين اليسرى الصورة الثانية التى إلتقطت من النقطة الثانية. فسوف نحصل على الإندماج الفسيولوجى فى المخ كما نحصل عليه فى الطبيعة، إذ تندمج الصورتان فى نموذج فراغى مجسم واحد يماثل الموجود فى الطبيعة. ويوضح الشكل رقم (٢٢٦) هذه الفكرة كما يلى :

١- فى الشكل (أ) الرؤية المجسمة الطبيعية كما تراها العينان لقائم له قمة عريضة. ويظهر إنطباع (صورة) هذا القائم على كل من شبكتى العينين. ونلاحظ أن قمة القائم تظهر فى العين اليمنى نحو اليمين بينما تظهر فى العين اليسرى نحو اليسار.



شكل رقم (٢٢٦)

أ- المشاهدة المجسمة للعينين.

ب- وضع آلات التصوير.

جـ- المشاهدة المجسمة من الصور.

شكل رقم (٢٢٧)

منطقة التداخل بين

صورتين متعاقبتين

٢- فى الشكل (ب) تم وضع آلتى تصوير، مكان العينين، وتصوير القائم، فتظهر صورة القائم على السلبية فى كل منهما - كما تطبع على شبكتى العينين - إذ نلاحظ أن قمة القائم تظهر نحو اليمين على سلبية آلة التصوير اليمنى ونحو اليسار على سلبية آلة التصوير اليسرى.

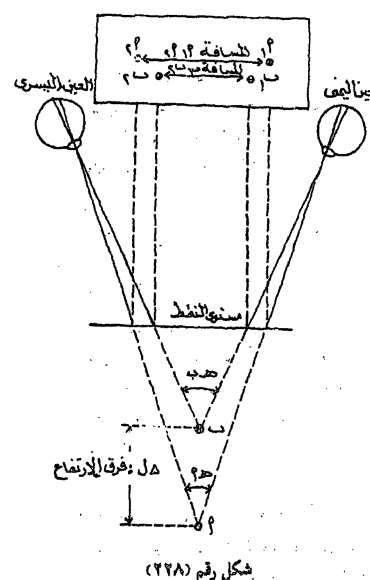
وحيث أن السلبية يظهر عليها الهدف معكوساً، فإنه يظهر فى الصورة الإيجابية معتدلاً. وعلى ذلك تظهر صورة القائم وقمته إلى اليسار فى الصورة الإيجابية اليمنى كما تظهر هذه القمة نحو اليمين فى الصورة الإيجابية اليسرى.

٣- تأتى بعد ذلك مرحلة الإبصار المجسم لهاتين الصورتين (الإيجابيتين). ويوضحها الشكل (جـ). وذلك بوضع الصورتين على بعد مناسب أمام العينين بنفس ترتيبهما وعلى خط يوازى قاعدة الإبصار، وبينهما حاجز من الورق المقوى حتى ترى كل عين الصورة التى أمامها فقط.

وبتركيز النظر على الصورتين، نلاحظ بعد فترة من ١٠ إلى ٣٠ ثانية تقريباً إندماج الصورتين فى صورة واحدة ويظهر القائم مجسماً فى الفراغ.

أى أنه يمكن القول بأن الإختلاف فى البعد بين نقطتين فى إتجاه مواز لقاعدة العين، ينتج عنه إختلاف فى العمق الظاهرى للصورة (العمق الاستريو سكوبى) ومن الواضح أن إنحراف محور الرؤية وتغيير زاوية الإبتعاد لهما أثر فى تغيير العمق الظاهرى للصورة. ولما كان مقدار الإنحراف فى محور الرؤية لا يمكن للفرد تقديره من حركة عينيه، فمعرفة التغير فى العمق الظاهرى للتجسيم يكون دائماً نسبياً وليس مضبوطاً.

والشكل رقم (٢٢٧) يوضح كيف تظهر منطقة التداخل بين صورتين متعاقبتين، وكيف تظهر الأهداف المختلفة فى مواقع متباينة ينتج عنها الأحساس بالأبصار المجسم خصوصاً إذا كانت ذات ارتفعات مختلفة عن بعضها.



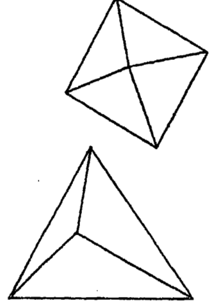
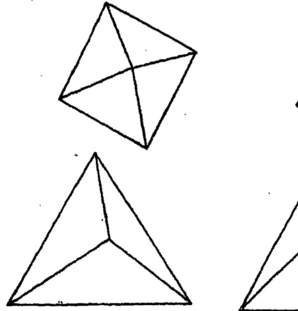
وهناك مثال آخر شائع الإستخدام للإبصار المجسم. وهو رسم زوجين من النقط بحيث تكون المسافة بين الزوج أ١ ، أ٢ أكبر قليلاً من المسافة بين الزوج ب١ ، ب٢ بحوالى ١ سم شكل رقم (٢٢٨) . ثم نضع حاجزاً من الورق المقوى عمودياً على مستوى اللوحة المرسوم عليها هذه النقطة، وننظر إليها بحيث يكون البعد بينهما وبين العينى حوالى ٣٠ سم بحيث ترى كل عين

شكل رقم (٢٢٨)

الرسم الموجود أمامها فقط أى ترى العين اليمنى أ١ ، ب١ وترى العين اليسرى أ٢ب٢. عند النظر إلى هذه النقط نلاحظ إندماج أ١ ، أ٢ فى نقطة واحدة «أ» وكذلك إندماج الزوج ب١ ، ب٢ فى نقطة « ب » ونشعر أن النقطة (ب) أقرب للعينين من النقطة (أ) فى الفراغ. والشكل رقم (٢٢٨) يوضح طبيعة هذه الظاهرة هندسياً. ومنه يتبين أن رؤية العمق الإستريوسكوبى أو فرق الإرتفاع (Δ ل) يمكن تقديره بواسطة الفرق بين زاويتى الإبتعاد هـ أ، هـ ب. والفرق بين هاتين الزاويتين له علاقة مباشرة بالفرق بين المسافتين أ١ أ٢ , ب١ ب٢ ويسمى بفرق الإبتعاد (Δ ح).

وفى الإمكان قياس الفروق بين المسافات بوسائل القياس العادية (المسطرة) على الرسم أو على الصور. ويمكن إيجاد العلاقة بين فروق هذه المسافات المقاسة وفروق إرتفاعات أو مناسيب الأهداف التى تمثلها.

وهناك أمثلة أخرى عديدة للتدريب على الإبصار المجسم يوضحها الشكل رقم (٢٢٩). إذ يمكن رسم مربعين أو مثلثين بنفس الأبعاد ثم ترحزح نقطة تقاطع القطرين فى المربع أو تلاقى منصفات زاويا المثلث المرسومان فى الناحية اليمنى، نحو اليسار قليلاً. والعكس بالنسبة للمربع والمثلث المرسومان من الناحية اليسرى. وبالنظر إلى كل منهما، نلاحظ إندماج المربعان فى مربع واحد وتظهر نقطة تقابل الأقطار مرتفعة وكذلك الحال بالنسبة للمثلثين إذ يندمجان فى مثلث واحد وتظهر نقطة تلاقى منصفاته مرتفعة عن مستوى المثلث وتبدو الأقطار مائلة فى العمق الاستريوسكوبى إلى مسافات أبعد كما لو كانت أهرامات ومنشورات مجسمة.

شكل رقم (٢٢٩) أمثلة للمشاهدة المجسمة

أجهزة الإبصار المجسم

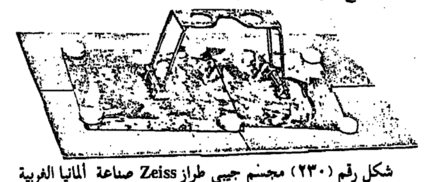
Stereoscopes

تتعدد أجهزة الإبصار المجسم وتتنوع تبعاً للأغراض التى تستخدم فيها وتتدرج هذه الأجهزة من المجسمات البسيطة التركيب والتى تستخدم فى الأعمال السريعة أو التقريبية مثل مجسمات الجيب والمجسمات ذات المرايا وما شابههما، وهناك المجسمات التى تستخدم فى عمليات إنشاء الخرائط الدقيقة، وهى أجهزة معقدة التركيب وقد يحتوى بعضها على أجهزة حاسبة آلية لتساعد فى العمليات الحسابية المعقدة التى يتطلبها العمل بمثل هذه الأجهزة [1]. ويحتاج هذا النوع من الأجهزة إلى متخصصين مدربين على إستعمالها. وجدير بالذكر أن كلا هذين النوعين يعتمدان على نظرية الإبصار المجسم من أزواج الصور وتكوّن البعد الثالث فى الفراغ وهو ما سبق شرحه فى الصفحات السالفة.

ولما كانت دراستنا تختص فى المقام الأول بما يفيد الجغرافى من هذه الأجهزة، فنكتفى بالإشارة إلى تلك المجسمات البسيطة التركيب.

١ - المجسم الجيبى Poket Steroscope

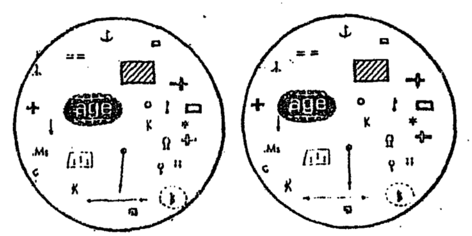
ويتكون من عدستين بسيطتين مثبتتين فى إطار معدنى المسافة بينهما تساوى قاعدة الإبصار تقريباً، ومركب فى الإطار المعدنى أرجل يمكن طيها حتى يمكن حفظه فى الجيب عند عدم إستعماله، شكل رقم (٢٣٠) وتتراوح قوة تكبير هذه العدسات ما بين ٢ إلى ٤ أضعاف المساحة المرئية من الصور. وفى بعض المجسمات قد تكون هذه العدسات منشورية لتعمل على فصل الصور المستعملة بمسافات تسمح بالرؤية المجسمة المريحة.



شكل رقم (٢٣٠) مجسم جيبى طراز Zeiss صناعة ألمانيا الغربية

(١) يصل ثمن بعض هذه الأجهزة إلى نحو مليون دولار أمريكى.

ويمتاز المجسم الجيبى بقلة تكاليفه إذ لا يتعدى ثمنه بضعة جنيهات فضلاً عن صغر حجمه وخفة وزنه وعدم حاجته إلى الضبط، مما يجعله ملائماً أثناء العمل الحقلى وفى الأغراض التدريبية والتدريسية، كما يمكن إستخدامه فى تجسيم الصور المطبوعة فى الكتب التى تتناول دراسة الصور الجوية (١).



TEST STEREOGRAM FOR CHECKING STEREO ACUITY

شكل رقم (٢٣١)

والشكل رقم (٢٣١) عبارة عن أحد التمارين العملية التى يمكن إستخدامها مع هذا الجهاز. وهو عبارة عن دائرتين رسم فى كل منهما مجموعة من الأشكال، والمسافة بين كل زوج متشابه من هذه الأشكال فى كل من الدائرتين تختلف عن المسافة بين الأزواج الأخرى. وبالتالى فإنه عند النظر إلى هاتين الدائرتين بواسطة المجسم الجيبى، يلاحظ ما يلى :

* إندماج الدائرتان استريوسكوبيا لتصبح دائرة واحدة منظورة فى الفراغ.

* تظهر أزواج الأشكال المتشابهة، كل منها مندمج فى شكل واحد مجسم وعلى مستويات مختلفة فى الفراغ. بحيث يمكن تمييز الأشكال الأقرب

---

(١) نذكر على سبيل المثال كتاب

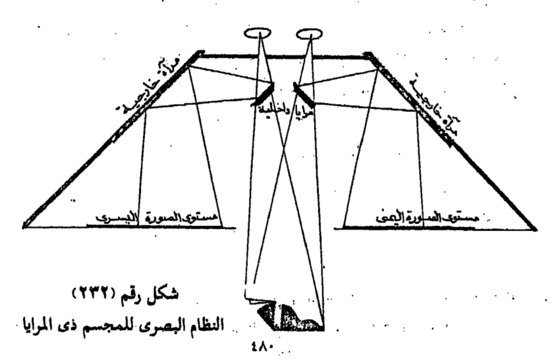
Harold R. Wanles ; Aerial Stereo Photographs, for Srereoscope Viewing in Geology, Geography....... etc, Hubbard Press, U. S. A., 1973.

إلى العين من تلك البعيدة عنها، والسبب فى ذلك إختلاف المسافات بين كل زوج وآخر.

وإستخدام مجسمات الجيب محدود، بسبب صغره وعدم دقته. لذا يصعب إستخدامه فى دراسة الصور الجوية ذات الأبعاد المعتادة إذ أنه يجب أن توضع أزواج الصور تحته على مسافة قريبة جداً من بعضها حتى يمكن تدقيق الإبصار المجسم، الأمر الذى ينبغى معه طى أو ثنى طرف إحداهما حتى لا تغطى على ما فى الصورة الأخرى. كما أن مجال الرؤية لهذه المجسمات صغير ومحدود. فلا يمكن رؤية المساحة المتداخلة كلها فى نظرة واحدة. وإذا كانت المسافة بين مركزى العدستين أكبر قليلاً من مسافة قاعدة الإبصار للشخص الذى يستخدمه فإن النموذج المجسم يبدو مقعراً. وعلى العكس يبدو النموذج محدباً إذا كانت المسافة بين العدستين أقل من قاعدة الإبصار.

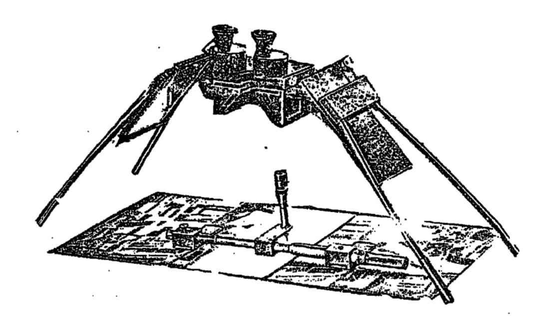
٢ - المجسم ذو المرايا Mirror Stercoscope

يوضح الشكل رقم (٢٣٢) النظام البصرى لهذا الجهاز. فالشعاعان الساقطان من الصورتين ينعكسان أولاً على مرايا خارجية تميل على المستوى الأفقى بزاوية قدرها ٤٥°، فتتجه الأشعة نحو مرايا أخرى صغيرة داخلية موازية ومواجهة للمرايا الخارجية، ومنها تنعكس الأشعة إلى الإتجاه الرأسى ولكن



شكل رقم (٢٣٢)
النظام البصرى للمجسم ذى المرايا

تفصل بينهما مسافة مناسبة لقاعدة الإبصار. وهذه المسافة يمكن التحكم فيها عن طريق تحريك المرايا الداخلية نحو المرايا الخارجية أو العكس حتى تتساوى مع قاعدة الإبصار للشخص الذى يستخدم الجهاز. ونظراً لأن المسافة الضوئية بين العين والصورتين كبيرة، فإن النموذج المجسم يظهر صغيراً جداً. ولذلك فالجهاز مزود بعدسات توضع بين العينان والمرايا الداخلية كما توجد عدسات تكبير أخرى يمكن تركيبها فى المجسم. والشكل رقم (٢٣٢) يبين أحد أنواع المجسمات ذات المرايا، ويظهر معه قضيب الأبتعاد وفى وسطه قلم لرسم خطوط المناسيب.



شكل رقم (٢٣٣) مجسم طراز St4 صناعة Zeiss

إستخدام الجهاز :

للحصول على نيموذج مجسم من أزواج الصور الجوية بإستخدام المجسمات ذات المرايا – تجرى الآتى :

١ – توضع الصورتان فوق بعضهما بحيث تنطبق التفاصيل فى منطقة التداخل وتبدو مستمرة نحو الجانبين فى المناطق التى ليس بها تداخل. مع مراعاة أن يكون مصدر الضوء من الركن العلوى الأيسر للصورتين. وبالتالى تكون

ظلال المعالم المختلفة كالجبال والأشجار والمباني وغيرها فى الإتجاه الأيمن. وذلك لتلافى تأثير الإبصار المجسم المعكوس [1].

٢ – تحرك الصورة الأولى – والتى تظهر فيها منطقة التداخل على جانبها الأيمن نحو اليسار، وتحرك الصورة الثانية – والتى تظهر فيها منطقة التداخل على جانبها الأيسر – نحو اليمين.

٣ – يحدد مكان النقطة الرئيسية لكلا الصورتين. وذلك برسم خط يصل بين كل علامتين متقابلتين من علامات المركز الموجودة على أطراف كل صورة. ويكون تقاطعهما هو المكان الصحيح للنقطة الرئيسية بإعتبار أن الصور الجوية المستخدمة رأسية تماماً.

٤ – يحدد مكان النقطة الرئيسية لكل صورة على الصورة الأخرى. وللتعرف على مكانهما يستعان بالتفاصيل المحيطة بهما فى كل من الصورتين. وبذلك يتم تحديد أربع نقط فى منطقة التداخل بكلا الصورتين.

٥ – تبعد الصورتان عن بعضهما جانبياً، بحيث تكون المسافة بين النقطة الرئيسية لكل منهما حوالى ٢٥ – ٢٦ سم. وتثبت الصورتان بغرس دبوس فى النقطة الرئيسية «١» فى الصورة اليسرى و «٢» فى الصورة اليمنى.

٦ – توضع مسطرة شفافة بحيث يمس طرفها الدبوسين، تدار الصورة اليسرى قليلاً حتى تصبح (٢َ – صورة النقطة الرئيسية للصورة اليمنى كما تظهر فى الصورة اليسرى) مماسة لحافة المسطرة. عندئذ تثبت الصورة اليسرى بورق لاصق على أطرافها.

٧ – تحرك الصورة اليمنى حركة دائرية حول الدبوس المثبت فى مركزها، حتى تصبح (١َ – صورة النقطة الرئيسية للصورة اليسرى كما تظهر فى

---

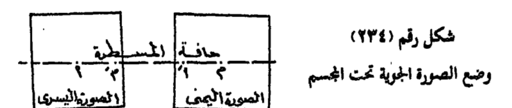
(١) فى حالة وضع الصورة اليمنى مكان الصورة اليسرى – مع الإحتفاظ بالتوجيه السليم – نلاحظ فى النموذج المجسم أن المناء المرتفعة تبدو منخفضة والعكس فالأماكن المنخفضة تبدو مرتفعة ويعود ذلك إلى إنعكاس الفرق فى الإبتعاد بين النقط ويسمى ذلك بالإبصار المعكوس Pseudoscopic Vision.

ولايقتصر ذلك الإبصار المجسم الكاذب على أزواج الصور فقط، بل يشاهد أيضاً فى الصور المنفردة، خاصة عندما توجه بحيث يكون إتجاه الظلال بعيداً عن الصور.

الصورة اليمنى) مماسة لحافة المسطرة. أى تصبح النقط ١ ، ٢ ، ١َ ، ٢َ ، فى خط مستقيم هو حافة المسطرة ويسمى بخط القاعدة الفوتوغرافى Photobase أو خط الطيران Flight (شكل رقم ٢٣٤).

شكل رقم (٢٣٤)

وضع الصورة الجوية تحت المجسم



٨ - يوضع المجسم فوق الصورتين بحيث يوازى قاعدة الإبصار فيه خط القاعدة الفوتوغرافى على الصورتين، حتى ترى النقطة الرئيسية فى الصورة اليسرى فى مركز الإبصار، مع إستمرار وضع المسطرة مماسة للنقط الأربع. ثم نحرك الصورة اليمنى ببطء نحو اليمين أو نحو اليسار حتى تندمج النقطة الرئيسية «١َ» مع النقطة الرئيسية «١» تماماً وتظهران كنقطة واحدة مجسمة.

٩ - ينقل المجسم نحو اليمين بحيث تظهر النقطة الرئيسية للصورة اليمنى «٢» فى مركز الإبصار، مع إستمرار وضع المسطرة مماسة للنقط الأربع. وهنا لابد أن تندمج هذه النقطة مع نظيرتها فى الصورة اليسرى «٢» وتظهران كنقطة واحدة مجسمة.

١٠ - تثبت الصورة اليمنى بورق لاصق عند أطرافها. ويتم التأكد مرة أخرى أن خطى القاعدة فى الصورتين على إستقامة واحدة. وبذلك تكون الصورتان جاهزتان للدراسات الاستريوسكوبية.

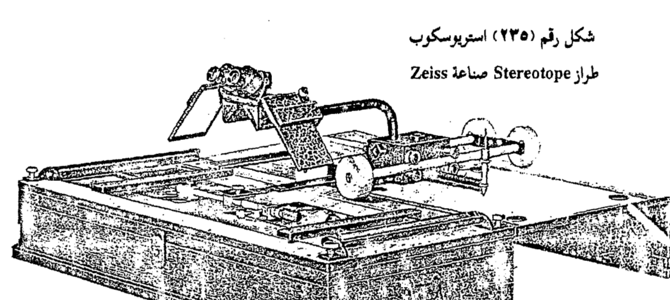
وجدير بالذكر أنه فى بعض الأحيان قد يستلزم الأمر دوران المجسم فى إتجاه عقرب الساعة أو عكس هذا الإتجاه للمحافظة على رؤية خطى القاعدة فى الصورتين كخط واحد مستقيم، وكذلك للمحافظة على رؤية النموذج المجسم.

وهناك أنواع من المجسمات مثبتة على حامل معدنى متصل بقاعدة عليها لوحة معدنية متحركة محفور عليها خط القاعدة فى منتصفها. يتميز هذا

النوع من الأجهزة بثباته مما يسهل عملية ضبط الصورة وذلك بالإستغناء عن المسطرة. كما أن دوران اللوحة (القاعدة) .أسهل من دوران الجهاز ذاته. والشكل رقم (٢٣٥) يبين أحد هذه الأنواع.

شكل رقم (٢٣٥) استريوسكوب

طراز Stereotope صناعة Zeiss



المبالغة الرأسية Vertical Exaggeration

ويقصد به أن النموذج المجسم الذى يتكون فى الفراغ بإستخدام أجهزة التجسيم يكون به بعض المبالغة. فتبدو الظاهرات المرتفعة أكثر إرتفاعاً عن حقيقتها.فقد يظهر مبنى - إرتفاعه الحقيقى ٣٠ متراً - يظهر في النموذج المجسم وكأن إرتفاعه ٤٥ متراً. فتكون نسبة المبالغة في هذه الحالة ١,٥ . وهناك عوامل عديدة تؤدى إلى حدوث المبالغة الرأسية، نوجز أهمها فيما يلى :

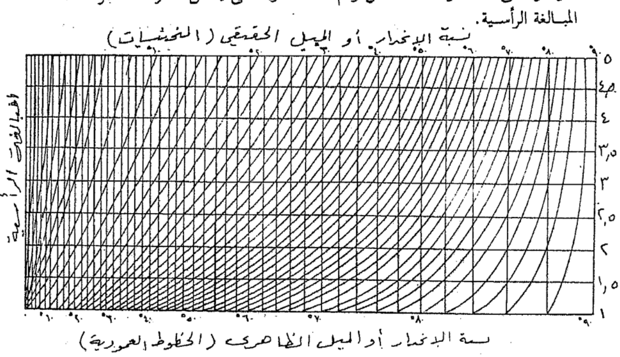
* طول القاعدة الهوائية، فتزداد المبالغة كلما زاد طول القاعدة الهوائية، وبمعنى أخر تزداد هذه المبا ـة كلما قلت نسبة التداخل الطولى بين أزواج الصور.
* البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير. فهناك علاقة عكسية بين نسبة المبالغة والبعد البؤرى إذ كلما قل البعد البؤرى للعدسة زادت المبالغة الرأسية.
* المسافة بين النقطتين الرئيسيتين للصورتين (وتسمى بمسافة الإنفصال) وكذلك المسافة بين مستوى الصورتين وعدستى المجسم المستعمل. فكلما

زادت هاتان المسافتان كلما زادت نسبة المبالغة الرأسية.

* تتناسب المبالغة الرأسية عكسياً مع قاعدة الإبصار، أى أنه كلما صغرت قاعدة الإبصار كلما إزدادت نسبة المبالغة.

وتوجد طرق رياضية عديدة لحساب نسبة المبالغة الرأسية فى الصور الجوية أثناء الإبصار المجسم، تدخل فى إعتبرها هذه العوامل. وعلى أية حال هناك طريقة عملية يمكن إستخدامها لقياس نسبة المبالغة الرأسية فى حالة وجود خريطة كنتورية أو خريطة مناسيب للمنطقة المصورة.

وتتلخص هذه الطريقة فى إختيار أربعة أو خمسة إنحدارات موجودة فى الأجزاء الوسطى من الصور الجوية وتوقع أماكنها على الخريطة. ثم تقدر درجة الإنحدار الظاهرى لهذه الإنحدارات أثناء الإبصار المجسم للصور الجوية، كما تحسب درجة الإنحدار الحقيقى لنفس هذه الإنحدارات من الخريطة الكنتورية. وتطبق درجتى الإنحدار الظاهرية والحقيقية على الرسم البيانى اللوغاريتمى الذى يوضحه الشكل رقم (٢٣٦) وبالتالى يمكن معرفة مقدار المبالغة الرأسية.



شكل رقم (٢٣٦) منحنيات درجة الإنحدار الحقيقية وتعيين المبالغة الرأسية (نقلاً عن ميلر Miller - 1961).

قياس الإرتفاعات من الصور الجوية

تعتبر عملية القياس من الصور الجوية المجسمة من أهم العناصر اللازمة لإنتاج الخرائط الكنتورية والطبوغرافية. ويهتم الجغرافى أثناء دراسته لأزواج الصور استريوسكوبيا، بالحصول على بعض القياسات الخاصة بالظاهرات الطبيعية التى يراها مجسمة، مثل الفرق فى مناسيب هذه الظاهرات بالنسبة لبعضها أو تحديد درجات إنحدارها مثل جوانب التلال أو الأودية أو المجارى المائية... إلخ. وتعتمد طرق القياس من الصور الجوية أساساً على نظريات الإبتعاد Parallax ويعتبر قضيب الإبتعاد Parallax bar أو Stereometer من الأجهزة الشائعة الإستخدام لهذا الغرض.

الإبتعاد المطلق وفرق الإبتعاد

يعرف الإبتعاد بأنه الإزاحة الظاهرية لموقع هدف بالنسبة لمرجع معلوم نتيجة لتغيير مكان الرؤية. ولتوضيح ذلك : ضع قلماً فى وضع رأسى على بعد حوالى متر واحد أمامك. أنظر إليه بالعين اليمنى فقط وحدد مكانه بالنسبة لعلامة على الحائط. ثم أنظر إليه بالعين اليسرى فقط (دون تحريك القلم)، تلاحظ أن موقعه على الحائط قد إنتقل نحو اليمين بالنسبة لموقعه الأول. وفى الصورة الجوية تمثل أماكن التصوير نقط الابصار المتغيرة، ويكون الفرق الظاهرى لموقع أى نقطة على صورتين متتاليتين هو إبتعاد هذه النقطة.

شكل رقم (٢٣٧) العلاقة بين فرق الإبتعاد وقياس المسافات الرأسية

يمثل الشكل رقم (٢٣٧) زوج من الصـور الجـوية بهـمـا تداخل طولى. والصورتان موجهتان توجيهاً استروسكوبيا صحيحاً بحيث تظهر منطقة التداخل مجسمة. تمثل النقطة أ قمة برج بينما تمثل النقطة ب قاعدة هذا البرج.

الإبتعاد المطلق للنقطـــة أ : ح أ = س ١ + س ٢

، الإبتعاد المطلق للنقطة ب : ح ب = س ٣ + س ٤

، فرق الإبتعاد ح = ح ب - ح أ = أو ح = ف ٢ - ف ١

وجدير بالذكر أن الإبتعاد يكون دائماً على خطوط موازية لخط القاعدة كما نلاحظ عدم وجود إبتعاد في الإتجاه العمودى على خط القاعدة (خط الطيران) وهذه الخاصية من الخصائص الهامة للإبصار المجسم.

العلاقة بين فرق الإبتعاد وفرق المنسوب :

من الشكل رقم (٢٣٧) يمكن إيجاد علاقة رياضية بين فرق الإبتعاد بين نقطتين وبين الفرق في منسوبيهما وتمثلها المعادلة الآتية :

$$\Delta \text{ل} = \frac{\text{عَ} \times \Delta \text{ح}}{\text{قَم} + \Delta \text{ح}}$$

حيث : Δ ل : الفرق بين منسوبى النقطتين.

عَ : إرتفاع الطائرة عن منسوب النقطة المعلومة.

قَم : طول خط القاعدة الجوية حسب مقياس الرسم عند منسوب النقطة المعلومة.

Δ ح : فرق الإبتعاد بين النقطتين مقاساً بقضيب الإبتعاد.

مثال :

زوج من الصور الجوية المتتالية، أبعادهما ٢٠ × ٢٠ سم بمقياس رسم ١ : ٢٥٠٠٠ ونسبة التداخل الطولى بينهما ٦٠٪ والبعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ٢٥ سم. تتراوح مناسيب سطح الأرض بين مستوى سطح البحر ٣٠٠ متر. يظهر

فيهما صورة برج لتقوية الإرسال اللاسلكى منسوب قاعدته ١٧٥ متراً فوق سطح البحر. ولإيجاد إرتفاع هذا البرج قيس إبتعاد قاعدته (ح أ) بقضيب الإبتعاد فكانت ٥,٠٨ ملليمترات، كما قيس إبتعاد قمته (ح ب) وكانت ٥,٨٣ ملليمترات. فكم يبلغ إرتفاع هذا البرج.

الإجابة :

١ – إرتفاع الطائرة عن قاعدة البرج :

إرتفاع الطائرة عن سطح البحر (ع) = (م × ف) + هـ

$$= (٢٥٠٠٠ \times ٠,٢٥) + \left(\frac{\text{صفر} + ٣٠٠}{٢}\right) = ٦٤٠٠ \text{ متر.}$$

إرتفاع الطائرة عن قاعدة البرج = ٦٤٠٠ – ١٧٥ = ٦٢٢٥ متراً

٢ – طول خط القاعدة عند منسوب قاعدة البرج :

طول خط القاعدة عند سطح البحر ق م = و × (١ – ت)

= ٢٠ × (١ – ٠,٦) = ٨ سم

(لاحظ عدم إستخدام مقياس الرسم فى هذه المعادلة لأن المطلوب طول خط القاعدة على الصورة الجوية وليس على الطبيعة).

$$\text{طول خط القاعدة عند منسوب قاعدة البرج} = ٨٠ \times \frac{٦٤٠٠}{٦٢٢٥}$$

ق َم = ٨٢,٢٥ ملليمتر

٣ – فرق الإبتعاد بين النقطتين : Δ ح = ح ب – ح أ

= ٥,٨٣ – ٥,٠٨ = ٠,٧٥ ملليمتر

٤ – منسوب قمة البرج :

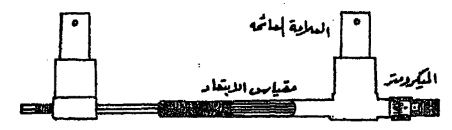
$$\text{فرق المنسوب (ل)} = \frac{ع \times \Delta ح}{ق َم + \Delta ح} = \frac{٦٢٢٥ \times ٠,٧٥}{٨٢,٢٥ + ٠,٧٥} = ٥٦,٢٥ \text{ متراً}$$

منسوب قمة البرج = ١٧٥,٠٠ + ٥٦,٢٥ = ٢٣١,٢٥ متر فوق سطح البحر

قياس فرق الإبتعاد :

ذكرنا سابقاً أن فرق الإبتعاد (Δح) ينشأ نتيجة إختلاف منسوب نقطتين ظاهرتين في زوج من الصور الجوية المتداخلة (Δل). وهو السبب الأساسى فى شعورنا بالبعد الثالث - أى الإبصار المجسم - عند النظر لهذا الزوج من الصور الجوية. كما أنه العنصر الأساسى الذى يستعمل لإيجاد مناسيب الظاهرات والأهداف المختلفة في الصور الجوية ورسم خطوط الكنتور سواء بالحساب أو بأجهزة الإبصار المجسم.

ويستخدم قضيب الإبتعاد (أو قضيب البرلاكس) شكل (٢٣٨) لقياس فرق الإبتعاد مباشرة للنقط الموجودة فى أزواج الصور الجوية. ويتركب من قضيب معدنى رئيسى مركب عليه شريحتان من الزجاج محفور فى مركز كل منهما علامة مميزة، قد تكون نقطة أو دائرة صغيرة أو تقاطع (+) والشريحة اليسرى مثبتة بالقضيب أما الشريحة اليمنى فتنزلق عليه بواسطة ميكرومتر تصل دقته إلى ٠,٠١ من المليمتر.

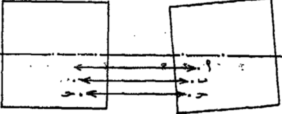


شكل رقم (٢٣٨) قضيب الإبتعاد Parallax Bar

وإذا نظرنا إلى هاتين العلامتين بواسطة المجسم فإنهما تندمجان معاً وتكونا علامة واحدة تسمى بالعلامة العائمة Floating Mark ذلك أنها تظهر وكأنها تعوم فى مستوى أفقى ثابت إذا حركنا قضيب الإبتعاد، مع مراعاة أن يكون القضيب دائماً موازياً لقاعدة إبصار المجسم. فإذا حركنا الميكرومتر ليزيد من فرق إبتعاد العلامتين أو يقلل منها، ونظرنا مرة أخرى إليهما بالمجسم، نجد أن المستوى الأفقى للعلامة العائمة قد تغير إلى أسفل أو إلى أعلى من المستوى السابق.

وجدير بالذكر أن القراءات الموجودة على قضيب الإبتعاد لا تمثل القياس المطلق لمسافة الإنفصال، بل هى عبارة عن قياس نسبى بين مسافتين، لأن العبرة هنا بفرق الإبتعاد. فالفرق بين مسافتى الإنفصال لنقطتين هو الذى يمثل قياساً مطلقاً وقيمته تساوى فرق القراءتين على قضيب الإبتعاد.

وغالبية أجهزة قياس فرق الإبتعاد تعطى قراءة كبيرة لمسافة الإنفصال الكبيرة (أى للنقط المنخفضة) ولتوضيح ذلك يمثل الشكل رقم (٢٣٩) مسافات الإنفصال لثلاث نقط أ، ب، ج، ومنه يتبين أن النقطة أ أدناها فى المنسوب، بينما النقطة ب فى منسوب متوسط بين أ، ج. فإذا كانت قراءة قضيب الإبتعاد عند النقطة أ = ٧,٥ ملليمترات، فإنها تكون عند النقطة ب = ٨,٠ ملليمترات بينما تكون عند النقطة ج = ٨,٥ ملليمترات على سبيل المثال



شكل رقم (٢٣٩)

العلاقة بين الإنفصال

وقراءات قضيب الإبتعاد

ولقياس فرق الإبتعاد يتم ذلك على النحو التالى :

طريقة العمل :

١ - يوضع زوج الصور الجوية تحت المجسم وتجرى الخطوات التى سبق ذكرها (إستخدام المجسم للحصول على نموذج مجسم [1]) مع إستخدام عدسات التكبير.

٢ - يوضع قضيب الإبتعاد فوق الصورتين بحيث يكون محوره موازياً لخط الطيران (خط القاعدة) وبحيث تنطبق العلامة اليسرى الموجودة على الشريحة الزجاجية فوق نقطة (أ) - المطلوب قياس إبتعادها - على الصورة اليسرى (شكل رقم ٢٤٠).

---

(١) أنظر ص ص ٤٨١ - ٤٨٣.

٣ – يحرك الميكرومتر الذى يتحكم فى حركة الشريحة الزجاجية اليمنى، فنلاحظ تحرك العلامة الموجودة عليها، حتى تنطبق العلامتان وتندمجان مع بعضهما فى علامة واحدة طافية فى النموذج المجسم.

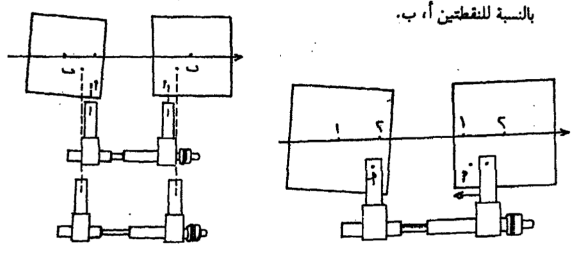
٤ – بتحريك الميكرومتر حركة بسيطة يمكن رفع العلامة العائمة أو خفضها حتى تستقر وتلامس سطح الأرض عند النقطة (أ) المطلوبة. وتدون القراءة المدونة على قضيب الإبتعاد والميكرومتر (ح أ).

ويفضل فى التطبيق العملى أن ترفع العلامة العائمة أولاً فوق سطح الأرض ثم يحرك الميكرومتر فى الإتجاه العكسى حتى تهبط هذه العلامة وتلامس سطح الأرض.

٥ – نكرر الخطوات السابقة (من ٢ إلى ٤) على النقطة «ب» وتدون القراءة على قضيب الإبتعاد والميكرومتر (ح ب).

٦ – الفرق بين القراءتين يساوى فرق الإبتعاد بين النقطتين. Δ ح = ح أ – ح ب

والشكل رقم (٢٤١) يوضح رسماً تخطيطياً لقضيب الإبتعاد أثناء وضعه بالنسبة للنقطتين أ، ب.



شكل رقم (٢٤٠) قياس فرق الإبتعاد للنقطة أ

شكل رقم (٢٤١) قياس فرق الإبتعاد بقضيب الإبتعاد

مصادر الأخطاء فى قياس فرق الإبتعاد :

١ - الدقة فى التوجيه الصحيح للصور :

إن عدم وضع أزواج الصور تحت المجسم موجهة توجيهاً أساسياً صحيحاً، ينتج عنه إبتعاداً رأسياً. إذ يجب أن يكون الخط الواصل بين محطتى إلتقاط الصورتين (خط الطيران) على إستقامة تامة وموازياً للقاعدة البصرية للجهاز. وبذلك يكون الخط الواصل بين أى نقطتين متناظرتين على الصورتين موازياً للقاعدة البصرية ويتلاشى الإبتعاد الرأسى.

٢ - عدم ثبات إرتفاع الطيران :

فى بعض الأحيان ، قد يكون إرتفاع الطيران أثناء التصوير غير ثابت، مما ينشأ عنه أن الصورتين قد تم تصويرهما من إرتفاعين مختلفين للطائرة. مما يؤدى إلى وجود فرق فى الإبتعاد الرأسى للأهداف، نتيجة لإختلاف مقياس الرسم فى الصورتين. ويمكن التغلب على ذلك بزحزحة الشريحة الزجاجية اليسرى لقضيب الإبتعاد رأسياً بواسطة المسمار الخاص بهذه الحركة.

٣- عدم رأسية الصورة الجوية :

إذا كان بإحدى الصورتين ميل - سواء على محور خط الطيران أو عموديا علية - نتيجة لميل الطائرة أثناء التصوير. فإن الصورة الناتجة تمثل فى حقيقتها منطقة على شكل شبه منحرف. وبالتالى ينشأ إبتعاد رأسى للأهداف المبينة بها. ولتلافى ذلك يمكن القيام بتعديل الصور بالجهاز الخاص لذلك الغرض والذى سبقت الإشارة إليه. وعموماً فإن هذا الخطأ نادر الحدوث لأنه من المعتاد القيام بتعديل الصور التى يحدث فيها مثل هذا الميل قبل طبعها وإستخدامها.

٤ - الدقة فى الإبصار المجسم :

تعتمد قدرة الجغرافى على وضع العلامة العائمة لقضيب الإبتعاد على مكان محدد على سطح الأرض (فى النموذج المجسم) على مهارته وحساسيته الاستريوسكوبية. وكلما كان دقيقاً فى ملامسة العلامة العائمة على الهدف

المطلوب قياس إبتعاده، كلما كانت النتائج أفضل. ونتائج القياس الممتازة هى التى تبلغ دقتها ٠,٠١ من الملليمتر. وبقليل من التمرين يستطيع الجغرافى أن يصل إلى دقة تقل عن ٠,٠٥ ملليمتر وهى الحد الأقصى المسموح به.

ولتوضيح ذلك: بفرض أن هناك خطأ فى قراءة فرق الإبتعاد لنقطة ما على زوج من الصور الجوية يبلغ ٠,٠١ ملليمتر، فإن ذلك يعنى تغيراً فى المنسوب (فرق الإرتفاع) يعتمد فى قيمته على مقياس رسم الصور الجوية وكذلك على البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير.

مثال :

الخطأ فى قراءة فرق الإبتعاد ٠,٠١ ملليمتر، البعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ٢٥ سم، طول خط القاعدة الجوية على الصورتين ٤٩,٩٩ ملليمتر.

أ – الصور الجوية بمقياس ١ : ٢٠٠٠٠

إرتفاع الطيران (ع) = م × ف = ٢٠٠٠٠ × ٠,٢٥ = ٥٠٠٠ متر

$$\text{فرق الإرتفاع } \Delta \text{ل}' = \frac{\text{ع} \times \Delta \text{ح}}{\text{ق}'_\text{م} + \Delta \text{ح}} = \frac{٥٠٠٠ \times ٠,٠١}{٤٩,٩٩ + ٠,٠١} = ١,٠٠ \text{ متر}$$

ب – الصور الجوية بمقياس ١ : ٥٠٠٠٠

(ع) = ٥٠٠٠٠ × ٠,٢٥ = ١٢٥٠ متر

$$\text{ل} = \frac{١٢٥٠ \times ٠,٠١}{٤٩,٩٩ + ٠,٠١} = ٢,٥ \text{متر}$$

أى أن الخطأ الناتج عن فرق إبتعاده قدره ٠,٠١ ملليمتر يسبب خطأ فى المنسوب قدره متر واحد فى الصورة مقياس ١ : ٢٠,٠٠٠ ويرتفع هذا الخطأ إلى ٢,٥ متراً فى الصورة الجوية بمقياس ١ : ٥٠,٠٠٠.

رسم الخرائط من الصور الجوية

يمكن الحصول على خرائط بلانيمترية مستوية [1] أو كنتورية من أزواج الصور الجوية بطرق متعددة، تعتمد على درجة الدقة المطلوبة في هذه الخرائط. ونذكر هنا بعض الطرق التي يمكن للجغرافي إستخدامها لإنتاج خرائط من الصور الجوية. وقد روعي في هذه الطرق أن تكون بسيطة الإجراء ويسهل إستخدامها دون ما حاجة إلى دراسات فوتوجرامترية متطورة، كما تعتمد على بعض الأجهزة المناسبة البسيطة التركيب والتي يمكن توافرها لهذا الغرض.

١ - النقل اليدوى :

يمكن إنتاج خرائط مستوية - تبين المعالم والتفاصيل الموجودة بالصورة مثل مجارى الأنهار والأودية والطرق بأنواعها وحدود الأحواض والحقول الزراعية والمبانى ومواقع الأبراج وغيرها من الظاهرات المختلفة التى تظهر فى ا لصورة الجوية وبنفس مقياس رسم هذه الصور. وذلك على النحو التالى .

١ - تجهيز لوح من الورق الشفاف (تسمى لوحة التجميع) تتناسب مساحتها مع مساحة المنطقة المطلوب نقلها، بمقياس رسم الصور الجوية الموجودة بالمنطقة.

٢ - يحدد على كل صورة جوية النقط الرئيسية الثلاث والتى تمثل مركز الصورة ذاتها ومركز الصورة السابقة لها ومركز الصورة التالية لها كما يحدد على كل صورة أربعة أهداف [2] - تسمى نقط الربط - إثنان على يمين خط الطيران وإثنان على يساره بحيث يظهر هدفان منهما مع الصورة السابقة، والآخران مع الصورة التالية أى يظهران فيها.

٣ - توضع الصورة الأولى فى مكان مناسب تحت الشفافة ويتم توقيع النقط

---

(١) أى تهمل فى هذه الخرائط الإرتفاعات والمناسيب

(٢) عادة ما تكون هذه الأهداف تقاطع طرق أو التقاء المجارى النهرية أو أركان المبانى أو الابراج... الخ والتى يمكن تحديد موقعها بكل دقة على الخرائط.

الرئيسية ونقط الربط السباق تحديدها في الخطوة السابقة، ثم توضع الصورة التي تليها وتحرك الشفافة عليها حتى تنطبق النقط السابق توقيعها من الصورة الأولى على نظيرتها التي تظهر في الصورة الثانية، ويتم توقيع النقط الرئيسية ونقط الربط الجديدة. وهكذا يستمر العمل في باقي الصور، حتى يتم توقيع كل النقط الرئيسية ونقط الربط على الشفافة «لوحة التجميع».

٤ - إذا كانت هناك خرائط سابقة للمنطقة المطلوب رسمها من الصور الجوية، يستحسن في هذه الحالة مقارنة لوحة التجميع التي تم الحصول عليها بهذه الخريطة لإكتشاف ما إذا كانت الأهداف الموقعة من الصور الجوية على لوحة التجميع تتفق مع نظيرتها التي تظهر في الخريطة الأصلية. وإذا كان هناك إختلاف كبير في مواقع بعض هذه الأهداف (نقط الربط) - يتم إختيار موقع وسط مناسب بين الخريطة الأصلية ولوحة التجميع. ويعتمد ذلك على قدرة ومهارة وخبرة الجغرافي في تعديل مثل هذه الأخطاء.

٥ - تثبت الصورة الأولى - مرة أخرى - على المنضدة، وتوضع فوقها لوحة التجميع - بعد تصحيحها، إلى أن تنطبق النقط الرئيسية ونقط الربط على نظائرها الموجودة في الصورة. ثم تبدأ عملية شف المعلومات والأهداف والظاهرات الطبوغرافية المطلوب توقيعها. ويقتصر ذلك على المنطقة التي بين نقط الربط فقط. توضع الصورة التالية، ويتم إجراء ما سبق إجراؤه في الصورة الأولى، وهكذا في باقي الصور.

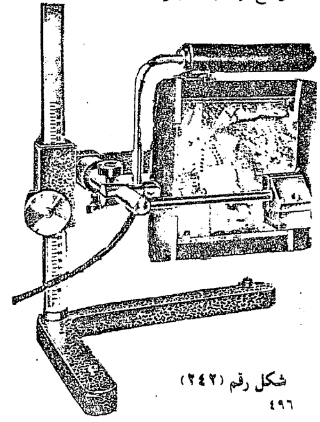
وجدير بالذكر أن هذه الطريقة، رغم بساطتها وعدم حاجتها إلى أجهزة مساعدة فإنها تعطي نتائج جيدة إذا كانت المنطقة تتميز بإستواء السطح تقريباً أو أن يكون الفرق بين المناسيب فيها صغيراً. كذلك إذا كانت الصور الجوية المستخدمة رأسية تماماً حتى تتلاشى مشكلة إزاحة مواقع النقط بسبب إختلاف المنسوب أو الميل. أما إذا كان هناك تفاوت كبير في المناسيب أو وجود ميل في بعض الصور، أو إذا كان هناك إختلاف واضح بين مقياس رسم الخرائط الموجودة للمنطقة ومقياس رسم الصور الجوية، فمن الأفضل في هذه الحالة إستعمال الأجهزة.

٢ – النقل بواسطة الاسكتش ماستر Sketchmaster :

وهو جهاز يستخدم لرسم الخرائط المستوية ذات مقاييس الرسم الصغيرة، والتى يمكن إستعمالها فى مراجعة (تحقيق) الخرائط الموجودة أصلاً.

ويتركب الاسكتش ماستر من قائم رأسى يتحرك عليه حامل للصور، كما يتحرك عليه ذراع عمودى على القائم مركب به منشور زجاجى مزدوج أحد وجهيه يقابل حامل الصور، والوجه الثانى ويسمى بالعينية متجه إلى أسفل. ومركب على كلا الوجهين إطاران لوضع عدسات تختلف فى قوتها. ويمكن إمالة حامل الصور بواسطة مسامير خاصة فى أى إتجاه للتخلص من تأثير الميل الذى قد يكون موجوداً فى بعض الصور الجوية. كذلك يمكن رفع ذراع المنشور إلى أعلى أو خفضه إلى أسفل لضبط مقياس رسم الصورة الناتجة مع مقياس رسم الصور الجوية أو مقياس رسم الخريطة المطلوب التوقيع عليها. أما العدسات فتستخدم فى حالة ما إذا كان المطلوب تغيير مقياس رسم الصور الجوية ذاتها أثناء عملية الإسقاط والشكل رقم (٢٤٢) يوضح تركيب الجهاز.

ولاستخدام الجهاز : تثبت الصورة على الحامل الخاص بها، ويوجه ضوء المصباح المثبت بذراع المنشور نحو الصورة الجوية. ننظر من الثقب الموجود فى قاعدة المنشور فنلاحظ إسقاط ضوئى للصورة الجوية على لوحة الرسم، يعتمد فى درجة وضوحه على



شكل رقم (٢٤٢)

درجة الإظلام فى الحجرة، إذ يزداد وضوحه كلما كانت الغرفة أكثر إظلاماً. توضع ورقة الرسم على اللوحة لتستقبل الإسقاط الضوئى للصورة الجوية.

بعد ضبط الجهاز تبعاً لمقياس الرسم المطلوب إنشاء الخريطة به، يمرر سن القلم الرصاص على حدود التفاصيل والظاهرات المطلوب توقيعها. وبذلك يتم رسم خريطة للمنطقة التى تبينها الصورة.

كما يمكن إستقبال الإسقاط الضوئى للصورة الجوية على خريطة تشمل المنطقة التى تمثلها الصورة. ثم ضبط الجهاز مع مقياس رسم الخريطة، مع إستخدام العدسات فى حالة إختلاف مقياس رسم الخريطة عن مقياس رسم الصورة الجوية. وتلعب نقط الربط التى يمكن إختيارها فى الصورة الجوية والتى تظهر أيضاً فى الخريطة، دوراً كبيراً فى المعاونة على تطابق مسقط الصورة على الخريطة. بعد ذلك يتم نقل المعالم المطلوب توقيعها على الخريطة.

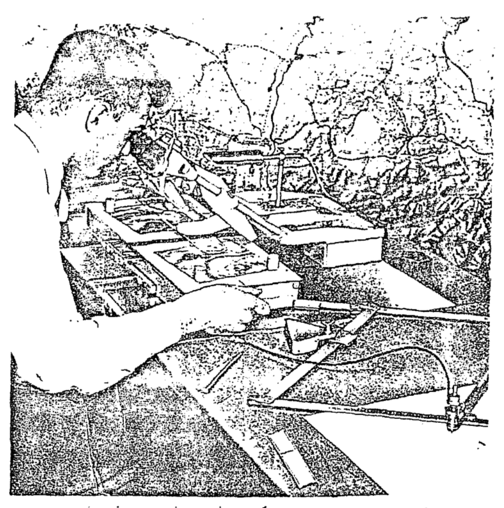
والاسكتش ماستر جهاز بسيط التركيب، يمكن للجغرافى إستخدامه مباشرة. إذ لايحتاج إلى مهارة خاصة أو خبرة سابقة فى إستخدامه ويعطى نتائج جيدة إذا كانت المنطقة المطلوب رسم خريطة لها مستوية نسبياً. وميزة هذا الجهاز أنه يمكن تعديل الصور فى حالة وجود ميل بسيط فيها فضلاً عن أنه يمكن إستخدام الصور الجوية المفردة.

٣ - النقل بواسطة المجسمات ذات المرايا :

أدخلت بعض التعديلات على المجسمات ذات المرايا وقضيب الإبتعاد وذلك بوصلهما معاً بطرق ميكانيكية، وتأخذ هذه الأجهزة المتطورة أسماء متعددة مثل الأستريوجراف والأستريوميتر وغيرها. وكلها تعتمد على فكرة واحدة وهى تتبع العلامة العائمة مع ملامستها لسطح الأرض عند منسوب معين وهذا التتبع يترجم إلى خط مرسوم على اللوحة هو بالطبع خط الكنتور الذى يبين هذا المنسوب.

والشكل رقم (٢٣٥) [١] يوضح جهاز Stereotope والشكل التالى رقم (٢٤٣) يبين جهاز إستريوميكرومتر Stereomicrometer ورغم أن الجهازين من إنتاج شركتين مختلفتين إلا إنهما متشابهين من حيث التركيب.

(١) أنظر صفحة ٤٨٤.



شكل رقم (٢٤٣) جهاز إستريوميكرومتر طراز St45 إنتاج شركة Wild

فالجهاز عبارة عن مجسم ذى مرايا متصل به قضيب الابتعاد، وقضيب الابتعاد يوازى قاعدة ابصار المجسم. والإثنان متصلان بقاعدة ثابتة. وللجهاز قاعدة خاصة توضع عليها أزواج الصور الاستريوسكوبية. ويمكن تحريك هذه القاعدة مع بقاء خط الطيران بالصور الجوية موازياً للمحور البصرى للمحور ولقضيب الابتعاد. ومتصل بالقاعدة فى جانبها الأيمن تجويف يوضع فيه القلم الرصاص فى حالة ما إذا كانت الخريطة المطلوبة بنفس مقياس رسم الصور الجوية المستخدمة. أو يوضع فيه ؛ ور المركزى للبانتوجراف Pantograph [1] فى حالة الرغبة فى الحصول على خريطة ذات مقياس رسم يختلف عن مقياس رسم الصور الجوية.

ولاستخدام الجهاز فى رسم الخرائط الكنتورية يجرى الآتى :

---

(١) البانتوجراف جهاز يستخدم فى تكبير وتصغير الخرائط.

١ - توضع الصورتان المتداخلتان على القاعدة الخاصة بالجهاز ويتم ضبط الصور إستريوسكوبيا حتى يظهر النموذج المجسم لمنطقة التداخل بين الصورتين.

٢ - يتم إختيار نقطة في النموذج المجسم معلوم منسوبها. وعادة ما تكون هذه النقطة نقطة مثلثات أو هدف سبق تحديد منسوبه. وتحرك قاعدة الجهاز حتى تنطبق العلامة المحفورة على الشريحة الزجاجية اليسرى فى قضيب الإبتعاد على هذه النقطة المعلومة المنسوب فى الصورة اليسرى. يحرك الميكرومتر فى قضيب الإبتعاد حتى تنطبق علامة الشريحة الزجاجية اليمنى على نفس النقطة المعلومة المنسوب فى الصورة اليمنى، حتى تصبح العلامتان علامة واحدة (العلامة العائمة) وملامسة لسطح الأرض عند هذه النقطة. وتدون القراءة على قضيب الإبتعاد والميكرومتر.

ونلاحظ هنا أن القاعدة الموضوع فوقها الصورتان هى التى تتحرك بدلاً من حركة المجسم ذاته أو قضيب الإبتعاد.

٣ - يثبت لوح من ورق الرسم بجوار الجهاز، ثم يوضع القلم الرصاص فى مكانه الخاص بقاعدة الجهاز (بفرض أن الخريطة المطلوب إنشاؤها بنفس مقياس رسم الصورة المستخدمة) وتحرك القاعدة مع مراعاة أن تظل العلامة العائمة ملامسة دائماً لسطح الأرض. وبذلك ينتج خط كنتور منسوبه هو منسوب هذه النقطة السابق ضبط العلامة العائمة عليها.

٤ - لرسم خط كنتور آخر أعلى أو أدنى فى منسوبه، يتم حساب الإبتعاد لهذا الخط الكنتورى على أساس أن : ح ب = ح أ ± Δ ح

إبتعاد خط الكنتور الجديد = إبتعاد خط الكنتور السابق ± فرق الإبتعاد

(+ ح فى حالة المنسوب الأعلى، - ح في حالة المنسوب الأدنى).

ولحساب فرق الإبتعاد Δ ح = (Δ ل × ق م) / ع

حيث Δ ل الفاصل الرأسى بين كل خط كنتور وآخر.

مثـــال :

تم ضبط قضيب الإبتعاد على منسوب ٥٠ متراً وكانت قراءته ٨٥,٦٣ ملليمتراً والمطلوب رسم خطوط الكنتور كل ١٠ أمتار. فكم تكون القراءة الواجب ضبط قضيب الإبتعاد عليها عند رسم خطى الكنتور ٤٠ متراً، ٦٠ متراً. علماً بأن إرتفاع الطيران ٥٠٠٠ متر وطول خط القاعدة ٥٥ ملليمتراً (على الصورة الجوية).

الإجابة :

$$\Delta ح = \frac{\Delta ل \times قَ م}{ع} = \frac{٥٥ \times ١٠}{٥٠٠٠} = ٠,١١ \text{ ملليمتر}$$

أ - قراءة قضيب الإبتعاد عند منسوب ٦٠ متراً

ح ب = ح أ + Δح = ٨٥,٦٣ + ٠,١١ = ٨٥,٧٤ ملليمتراً

ب - قراءة قضيب الإبتعاد عند المنسوب ٤٠ متراً

ح ب = ح أ - Δح = ٨٥,٦٣ - ٠,١١ = ٨٥،٥٢ ملليمتراً

ونلاحظ أنه من مميزات المجسم إنشاء الخرائط الكنتورية، ولكن هذه الميزة تنعدم إذا كان هناك ميل فى الصور الجوية. أى أن الصور الجوية المستخدمة يجب أن تكون رأسية تماماً.

ولقد أدى تقدم المساحة التصويرية إلى إختراع أنواع حديثة متطورة من أجهزة التوقيع الآلية الاستريوسكوبية Automatic Stereoscopic Instruments آخذة فى الإعتبار عند تصميمها أن تقوم بعدة عمليات فى آن واحد. من أهم هذه العمليات التخلص من الميل إذا وجد فى الصور الجوية المستخدمة، ونقل التفاصيل والمعالم من الد ور الجوية (وهى عبارة عن إسقاط مخروطى) إلى لوحة الرسم أو الخريطة بإسقاط عمودى، كذلك بيان موقع أى نقطة فى الصور على الخريطة دون الإلتجاء إلى العمليات الحسابية، بالإضافة إلى رسم خطوط الكنتور بفاصل رأسي صغير.

وهذه الأجهزة معقدة التركيب وغالية الثمن ويقتصر إستخدامها على هيئات إنتاج الخرائط وتعتبر ألمانيا وسويسرا من الدول الشهيرة فى إنتاج مثل هذه الأجهزة. والشكل رقم (٢٤٤) يبين مثالاً لأحد هذه الأجهزة وهو جهاز AVIOMAP - A. 10 وقد أنتجته شركة Wild السويسرية عام ١٩٨٥.

تمارين

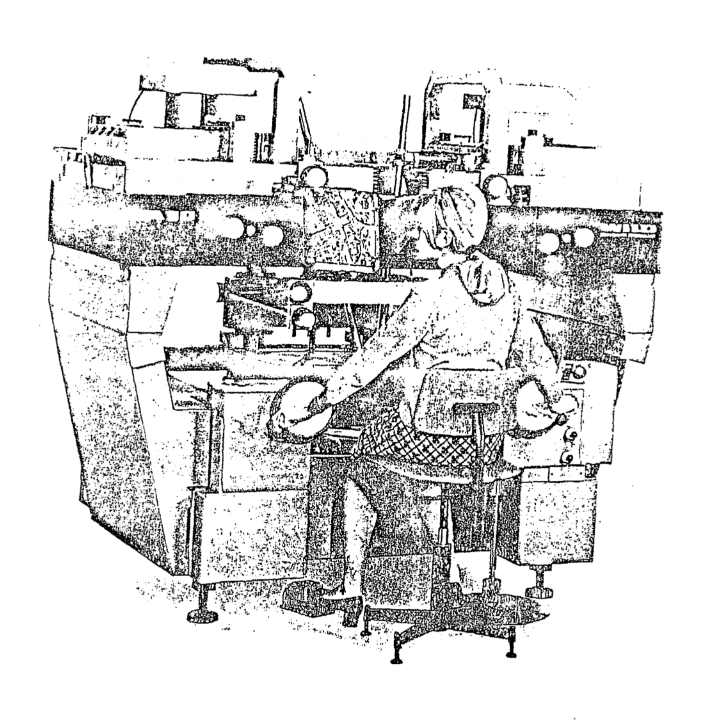
١ – مطلوب إنشاء خطوط كنتوركل ٣٠ متراً تبدأ من منسوب صفر وتنتهى عند ١٨٠ متراً من صورتين جويتين متتاليتين بإستخدام الاستريوسكوب، علماً بأن طول خط القاعدة ٤٥ ملليمتراً وإرتفاع الطيران ٣٠٠٠ متر وقراءة قضيب البرلاكس عند منسوب ١٢٠ متراً = ١٨,٦٠. كم تكون قراءة قضيب البرلاكس عند مناسيب خطوط الكنتور المطلوبة.

٢ – فى دراسة مورفومترية لوادى نهرى ظهر فى صورتين متتاليتين أبعاد كل منهما ٢٤ × ٢٤ سم والتداخل الطولى ٥٠٪ والبعد البؤرى لآلة التصوير ١٨ سم وكان متوسط منسوب سطح الأرض يتراوح بين ٨٠ ، ٥٢٠ متراً ومنسوب مصب الوادى ٤٠٠ متر. وطوله من المنبع إلى المصب ٥٦,٥ سم. وبقياس ابتعاد كل من مصب الوادى ومنبعه باستخدام قضيب البرلاكس كانتا ٣,٥٤ و ٦,٨٤ ملليمتر.

والمطلوب : – معرفة منسوب منبع الوادى.

– معرفة نسبة إنحدار مجرى الوادى ودرجة الإنحدار.

٣ – خزان مياه يظهر فى صورتين جويتين متتابعتين التداخل بينهما ٥٠٪ وأبعاد كل منهما ٢٤ × ٢٤ سم ومقياس الرسم ١ : ٢٥٠٠٠ والبعد البؤرى لآلة التصوير ٢٠ سم ومتوسط سطح الأرض ١٥٠ متراً عن سطح البحر. قيس فرق الابتعاد لكل من قاعدة الخزان وقمته فكانتا ٤,٥٥ ، ٧,٨٧ م. والمطلوب معرفة إرتفاع الخزان ومنسوب قمته عن سطح البحر علماً بأن منسوب قاعدته ٥٠ متراً.



شكل رقم (٢٤٤) جهاز Aviomap A10 إنتاج شركة وايلد Wild

٤ – من صورتين جويتين متتابعتين – يراد تعيين منسوب كوبرى (أ) فأخذت نقطة مثلثات قريبة منه (ب) ظاهرة فى الصورتين معلوم منسوبها وهو ٤٥٠ متراً. قيس فرق الابتعاد بينهما فكان + ٠.٦ سم وكان إرتفاع الطيران ٥٠٠٠ متر والمسافة بين النقطتين الأساسيتين ٣٠ سم فما هو منسوب الكوبرى.

٥ – أثناء رسم خريطة كنتورية من صورتين باستخدام الأستريوسكوب وقضيب البرلاكس. كانت المعلومات الآتية : إرتفاع الطيران ٦٠٠٠ متر وطول خط القاعدة ٦٠ ملليمتر وقراءة قضيب البرلاكس عند منسوب صفر ٥٤.١٢ ملليمترا. كم تكون قراءته عند المناسب الأعلى كل ٢٠ متراً وحتى ١٢٠ متراً.

٦ – فى صورتين جويتين ٣٠ × ٣٠ سم بمقياس ١ : ٥٠٠٠٠ ونسبة تداخل طولى ٦٠٪ ومتوسط سطح الأرض + ٢٠٠ متر والبعد البؤرى لعدسة آلة التصوير ١٠ سم . ظهرت حافة جبلية منحدرة إلى ساحل البحر. وبقياس قيمة الإبتعاد باستخدام قضيب البرلاكس كانت ٢.٣٢ م عند ساحل البحر و ٧.٩٢ ملليمتر عند القمة. وبقياس المسافة الأفقية بين القمة والسفح وجدت ٤.٦٥ سم.

والمطلوب : – معرفة منسوب قمة هذه الحافة الجبلية عن سطح البحر.

– معرفة نسبة إنحدار هذه الحافة.

– ما نوع العدسة المستخدمة فى هذه الصورة.

* * *

قراءة الصور الجوية

تكتمل فائدة الصور الجوية بقراءتها وتفسير ما بها من ظاهرات طبوغرافية. وفى اللوحات التالية من رقم (١) إلى رقم (١٦) مجموعة من الصور الجوية المختارة، تشمل عديداً من الظاهرات الجغرافية المختلفة. وهذه اللوحات عبارة عن أزواج من الصور الجوية المتداخلة، تم ضبطها إستريوسكوبيا ثم أعيد طبعها حتى يمكن رؤيتها بالمجسم الجيبى. ويمكن للقارئ إستخدام المجسم الجيبى لمشاهدة هذه اللوحات إستريوسكوبيا. وفيما يلى تفسيراً للظاهرات الرئيسية بهذه اللوحات، ويمكن للقارئ أن يتبين مزيداً من التفاصيل :

لوحة رقم (١) : ثلاثة كريلون Crillon Glacier (الاسكا) :

مقياس الرسم ١ : ٤٠٠٠٠ هى ثلاجة ضخمة تنحدر من حقل جليدى وتنتهى إلى فيورد (فى غرب اللوحة). والوادى الذى تشقه الثلاجة ذو جوانب شديدة الإنحدار وعلى شكل حرف U. وتظهر على جانبيها الركامات الجليدية الجانبية. وحيث ترفدها ثلاجات صغيرة تتحول هذه الركامات الجانبية إلى ركامات وسطى تمتد فى وسط الثلاجة. وقرب النهاية يقل سمك الثلاجة بسبب الذوبان. يظهر على سطح الثلاجة حطام كما يظهر بها شقوق عرضية وهو دليل على حركتها وانحدارها. وفى شمال اللوحة تبدو ثلاجة معلقة، تسقط مياهها المذابة على شكل مساقط مياه (شلالات) تنحدر إلى الثلاجة الرئيسية.

لوحة رقم (٢) : لونجزبيك Longs Peek (كلورادو) :

مقياس الرسم ١ : ٤٩٠٠٠ . وهى أعلى قمة فى جبال روكى تظهر قممها الحادة بسبب مقاومة صخورها الصلبة لعوامل التعرية الجليدية (فى الماضى). وتخلف عن النحت الجليدى، الحلبات Cirque ، وتظهر حلبة كبيرة فى جنوب غرب اللوحة. كما يظهر وادياً جليدياً يتجه نحو الشمال الغربى، تشغله فى الأجزاء المنخفضة منه – بعض الإرسابات الجليدية.

لوحة رقم (٣) : وادى الموت Death Valley (كاليفورنيا) :

مقياس الرسم ١ : ٢٠٠٠٠ . تمثل اللوحة النهاية الشمالية من سلسلة

بانامنت Panamint Range حيث ترتفع فجأة من وادى الموت وقد قطعت السلسلة نتيجة التعرية المائية. وتنبثق ثلاثة مجارى مائية من الخوانق الموجودة فى السلسلة مكونة دالات مروحية فيضية كبيرة ذات إنحدار شديد نوعاً، كما ينتشر الحطام على المنخفض المجاور. ويظهر فى غرب اللوحة العديد من الكثبان الرملية. يظهر أيضاً طريق يتتبع المناطق الأقل إنحداراً على جوانب الدالات المروحية.

لوحة رقم (٤) : جنوب شرق صحراء كاليفورنيا (كاليفورنيا) :

مقياس الرسم ١ : ٢٠٠٠٠ . هذه اللوحة لمنطقة تقع بين جبال شوكولات Chocolate Mt. وبحر سالتون Salton Sea (ويقعان خارج نطاق اللوحة إلى الشرق والغرب بالترتيب). تظهر مساحات كبيرة من الحطام والمفتتات التى انتقلت من على منحدرات الجبال فى إتجاه بحر سالتون. تمثل الخطوط الكثيرة المتشابكة، مجارى مائية مؤقتة وهى التى تساعد على حركة هذه المفتتات. ونتيجة للإرتفاع المستمر لهذه الإرسابات، فقد بدأت تغوص تحتها التلال الأقل فى المنسوب. ولم يبق منها سوى قمم منعزلة تظهر على شكل جزر وسط هذه المفتتات (Inselberges).

لوحة رقم (٥) : بحيرة حدوة الحصان Horse shoe lake (المسيسبى) :

مقياس الرسم ١ : ١٨٨٠٠ . توضح اللوحة جزءاً من نهر تلاهاتشى Tallahatchie River ، والذى يجرى فى الشمال الغربى من السهل الفيضى العريض الذى أنشأه نهر المسيسبى. ويبدو النهر كثير المنحنيات Mianders بسبب إستواء السطح تقريباً وبطء إنحدار الوادى والذى يظهر منخفضاً قليلاً عن المصطبة المغطاة بالغابات التى تجاوره. وتظهر البحيرات المقتطعة ox bow lakes بعضها جاف وبعضها مازالت تغذية مياه الفيضان. وفى شمال اللوحة حيث المنطقة الغابية، تظهر أشرطة داكنة اللون. وهذه عبارة عن مجارى مائية متشابكة قليلة التعرج ومهجورة حالياً. تزداد كثافة الأشجار فيها لأنها أقل إنخفاضاً عما حولها وأكثر خصباً لذلك ظهرت باللون الرمادى الداكن.

لوحة رقم (٦) : خانق الرخام Marble Canyon (أريزونا) :

مقياس الرسم ١ : ٤٥٠٠٠ يجرى نهر كلورادو فى مجموعة من الخوانق تبلغ أوجها فى الخانق الكبير. وخانق الرخام الذى توضحه اللوحة، أحد الخوانق التى تتصل بالخانق الكبير، ويجرى فيه نهر كلورادو الصغير من الجنوب نحو الشمال ليرفد نهر كلورادو الذى يبدو منحنياً فى شمال اللوحة. وتظهر عند التقائهما دلتا صغيرة واضحة ويظهر وادى نهر كلواردو الصغير كأثر من آثار التعرية النهرية الشديدة إذ يبدو عميقاً ويكاد يكون مستقيماً. وتبدو هضبة فى القسم الجنوبى الغربى من اللوحة ذات صخور صلبة سطحها يكاد يكون مستوياً وتنحدر بشدة نحو وادى النهر وتظهر تتابع الطبقات المختلفة الصلابة على هذه المنحدرات.

لوحة رقم (٧) : نهر بير كريك Bear Creek (داكوتا) :

مقياس الرسم ١ : ٢١٠٠٠ . منطقة هضيبة فى جنوب غرب داكوتا ترتفع بضع مئات من الأقدام فوق مستوى مجرى النهر. ونهر بير Bear، يبدو فى مرحلة النضج، وقد كون لنفسه سهلاً فيضياً. ومازال يوسع فى وادية بما يحدث من نحت فى جوانبه بواسطة العديد من الثنيات. أما الروافد التى تقطع منحدرات الهضبة، فما زالت فى مرحلة الفتوة، إذ تبدو لا وديان لها كما أن مجاريها قليلة التعاريج.

لوحة رقم (٨) : النهر الأبيض White River (كلورادو) :

مقياس الرسم ١ : ٤٣٣٠٠ . يجرى النهر الأبيض فى منطقة هضبية شديدة التقطع وسطحها وعر جداً فى شمال غرب كلورادو. ويظهر من شكل الإنحدارات بها أنها فى مرحلة النضج. وتظهر الطبقات مائلة بلطف من الشمال نحو الجنوب. وقد تمكن النهر من شق وادية الفيضى الضيق. ويظهر مجرى النهر وبه منحنيات عديدة تحف بجانبى الوادى.

لوحة رقم (٩) : جبل كابولين Capulin Mt. (نيومكسيكو) :

مقياس الرسم ١ : ٢٠٠٠٠ . هو جبل بركانى مخروطى الشكل إنحداراته

حادة فى أجزائها العليا بينما تقل حدتها فى المناطق السفلى من الجبل. ويتكون من الحمم البركانية التى امتدت وارتفعت وقت ثوران البركان. تظهر الفوهة Crater فى وسط المخروط. كما تظهر بقايا اللافا البركانية القديمة متجمعة على الجانبين الأيسر والأيمن، حيث يظهر تدفقها على شكل مجرى متسع به تجعدات تشير إلى إتجاه حركة اللافا. يظهر أيضاً طريق حلزونى الشكل يتجه صاعداً وينتهى عند حافة الفوهة الأقل إرتفاعاً.

لوحة رقم (١٠) : رأس كوكى Koke head (هاواى) :

مقياس الرسم ١ : ٤٩٠٠٠ . تبين اللوحة منطقة ساحلية إلى الشرق من مدينة هونولولو ببضعة أميال. حيث تظهر سلسلة من فوهات البراكين على طول خط مستقيم موازى للساحل من الشمال الشرقى نحو الجنوب الغربى. وقد إنبثقت اللافا على طول شق باطنى Fissure وظهرت على السطح فى مواقع عدة. ورأس كوكى (فى أقصى الشمال) قد تكون نتيجة لثوران بركانى له قصبتان. وقد إستطاع أن ينحت حافة الفوهة الجنوبية مما جعلها تصبح خليجاً صغيراً. وفوهة كوكى (إلى الجنوب الغربى من رأس كوكى) لها أيضاً قصبتان، ويظهر أن اللافا قد إنسكبت من الفوهة العليا إلى الفوهة الأقل فى الإرتفاع. والسلاسل الحادة التى تظهر فى أسفل اللوحة عبارة عن لافا قديمة تم نحتها. ويظهر على طول الساحل الشمالى الشرقى نطاق من الشعاب المرجانية Coarl Reefs .

لوحة رقم (١١) : خانق بلاك دراجون Black Dragon Canyon (أوتاه) :

مقياس الرسم ١ : ٤٢٥٠٠ . هذه اللوحة تمثل الجانب الشرقى لهضبة سان رافائيل فى وسط ولاية أوتاه، حيث تبدو مجموعة من الطبقات تميل من أسفل اللوحة إلى أعلاها أى من الجنوب نحو الشمال. وقد كونت الطبقات الصلبة حافات مقوسة القمة تسمى (Hogbacks أو ظهور الخنازير) ، عادة ما تكون نهايتها العليا على شكل حرف V – تسمى « المكواه – Flatiorn » وهذه النتوءات المدببة تفصل بينها تجاويف تشقها مجار صغيرة، تعبر فيها الطبقات

الصلبة فى خوانق مائية. فى أعلى اللوحة يظهر وادى فيضى على شكل ثنية ويجرى فيه نهر متعرج المجرى. ويبدو أحد جوانب هذا الوادى متدرج الإنحدار، بينما الجانب الآخر شديد الإنحدار.

لوحة رقم (١٢) : سلسلة Lookout (ألاسكا) :

مقياس الرسم ١ : ٢٩٤٠٠ . تظهر هذه الحافة فى شمال الاسكا وهى تبين نمطاً من أنماط البنية. وتتكون من طبقتين صلبتين تميل بحدة نحو الشمال الشرقى، و السطوح العليا لهذه الطبقات لونها فاتح ويمكن تتبعها بسهولة. والحافة مقطعة بأربعة إنكسارات واضحة، أدت إلى إختلاف إرتفاعاتها. وتظهر الطبقات اللينة متموجة السطح. كما يظهر نهر ذو نمط شجرى يضيق واديه فى بعض المناطق، خاصة عند عبوره الطبقات الصلبة.

لوحة رقم (١٣) : أخدود سان أندرياس San Andreas Rift (كاليفورنيا) :

مقياس الرسم ١ : ٨٦٧٠٠ . وهو إنكسار عظيم حدث أثناء زلزال عام ١٩٠٦ وكانت الحركة الأفقية أكثر منها رأسية، حتى أن التركيب الجيولوجى لأحد جانبيه يناظر جانبه الآخر على بعد ٥٠ ميلاً. وخط الإنكسار يبدو مستقيماً من جنوب شرق اللوحة نحو شمالها الغربى. الجبال فى شمال اللوحة تبدو ناضحة النحت. الخطوط البيضاء على قمم الجبال عبارة عن بقايا إندساسات نارية. كما يظهر فى أقصى شمال اللوحة بحيرة (اللون الداكن) يحتجز مياهها سد فى شمالها الشرقى. أما الشكل المخطط فى جنوب غرب اللوحة، فهو نمط زراعى، حيث يزرع شريط ويترك الآخر مغطى بالحشائش والأعشاب للحد من فعل الرياح.

لوحة رقم (١٤) : جنوب البيمارل South Albemarle (كارولينا الشمالية) :

مقياس الرسم ١ : ١٦٥٠٠ . تمثل اللوحة أنماطاً نباتية مختلفة فجزء منها مزروع والآخر غابى. وقد تم تصويرها على فيلم بالأشعة تحت الحمراء. تظهر مناطق الأشجار الصنوبرية بلون رمادى داكن (ربما تكون مزروعة). أما اللون الرمادى الفاتح فيمثل مناطق لغابات أشجار مختلطة. وتظهر الحقول الزراعية بلون

رمادى فاتح جداً. وفى شمال غرب اللوحة تبدو أشجار فى خطوط منتظمة، هى فى الغالب بساتين للفاكهة. كما يظهر فى الجانب الغربى مبنى ذو حوائط مرتفعة وأبراج ويجاوره بعض المساكن. يظهر فى اللوحة أيضاً نهر وطرق وكوبرى ومساكن ريفية.

لوحة رقم (١٥) : مناجم نحاس سانتا ريتا Santa Rita (نيومكسيكو) :

مقياس الرسم ١ : ٣٨٥٠٠ . عبارة عن منطقة شبه مستديرة من الصخور النارية المتداخلة (من الحجر الخفاف Porphyry) يتوزع النحاس بكميات صغيرة خلال هذه الصخور، لذلك لابد من تكسيرها لتركيز الخام منها. ويتم التعدين على شكل سلسلة من المصاطب على مناسيب متتالية من حافة المنجم إلى قاعة، ويمكن تمييز عشرة مدرجات على يسار المنجم. وتظهر مبانى ومنشآت الشركة فى موقع وسط منطقة لم يتم تعدينها بعد. وتظهر الصخور الناتجة بعد سحقها وفصل الخام منها على شكل كوم ضخم للنفايات يشبه دالة مروحية فيضية ذات قمة حادة.

لوحة رقم (١٦) : نهر كالامازو .Kalamazoo R (ميتشجن) :

مقياس الرسم ١ : ٩٦٠٠ . توضح اللوحة منطقة صناعية قرب مدينة ميتشجن تظهر بوضوح مبانى المنشآت الصناعية بمداخنها المرتفعة. ويظهر حوض للترسيب فى غرب اللوحة ومقبرة للسيارات إلى الشرق من السكة الحديد كما يظهر مصنع ألقى بنفاياته فى النهر (فى الشمال الغربى) مما أدى إلى تغير لون مياهه ويمكن مشاهدة ملامح أخرى عديدة تتميز بها المناطق الصناعية.

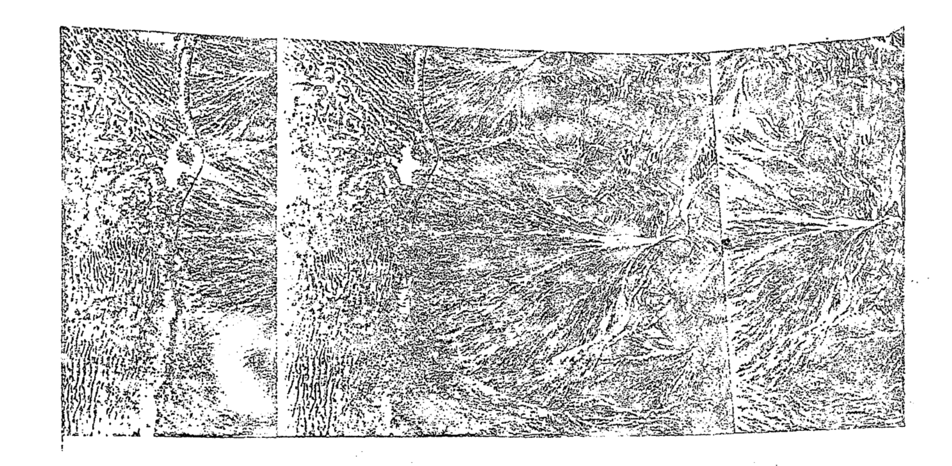
وفى الصفحات التالية نماذج للصور الأستريوسكوبية للوحات السابق الإشارة إليها والتى يمكن تجسيمها ومشاهدتها مجسمة باستخدام الأستريوسكوب الجيبى.



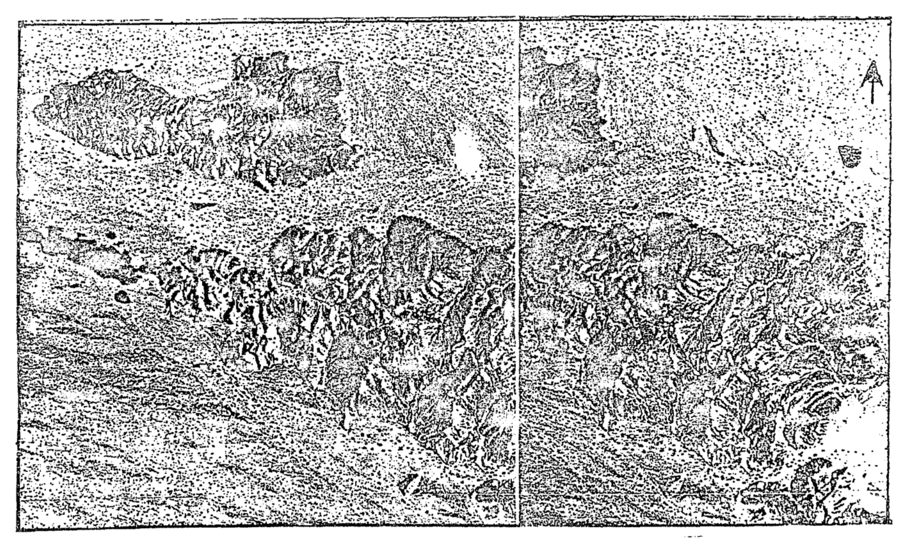
لوحة رقم (٩)



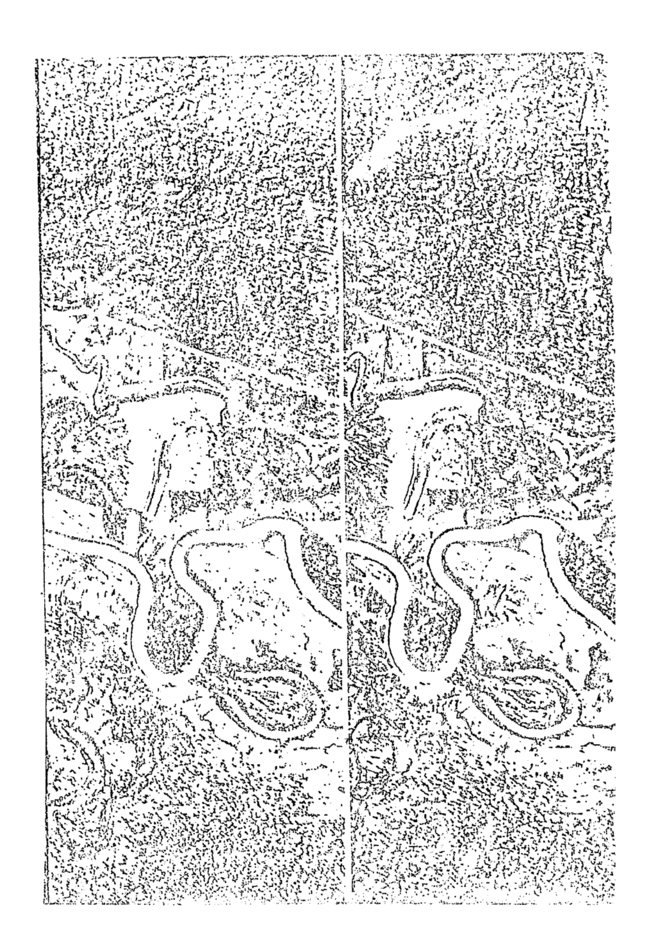
لوحة رقم (٢)

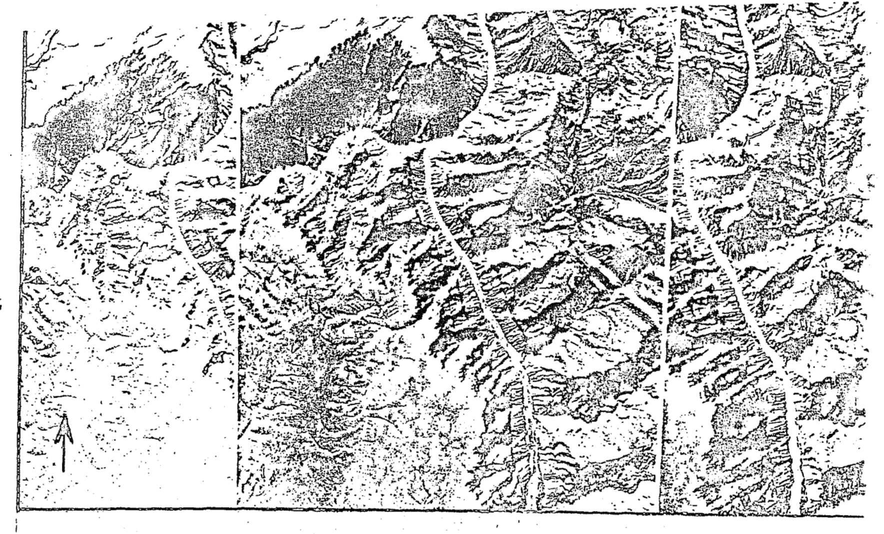


لوحة رقم (٣)

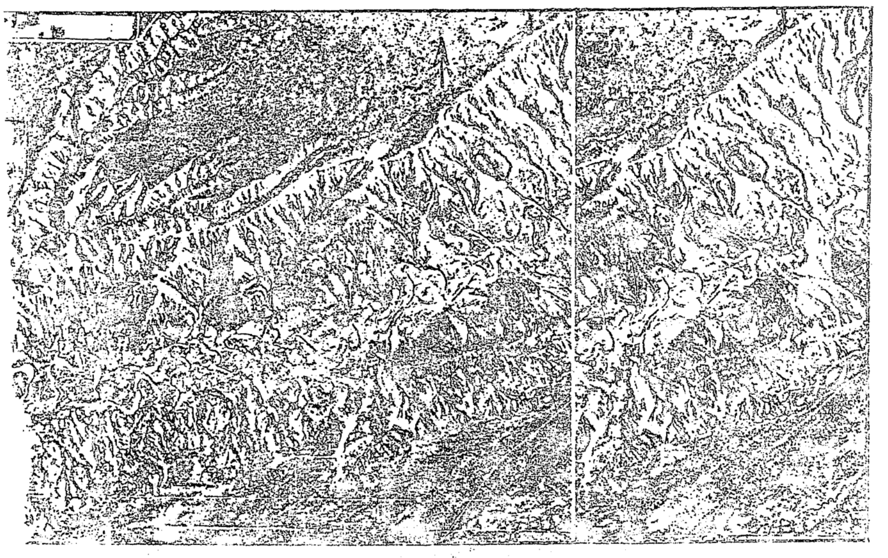


لوحة رقم (٤)

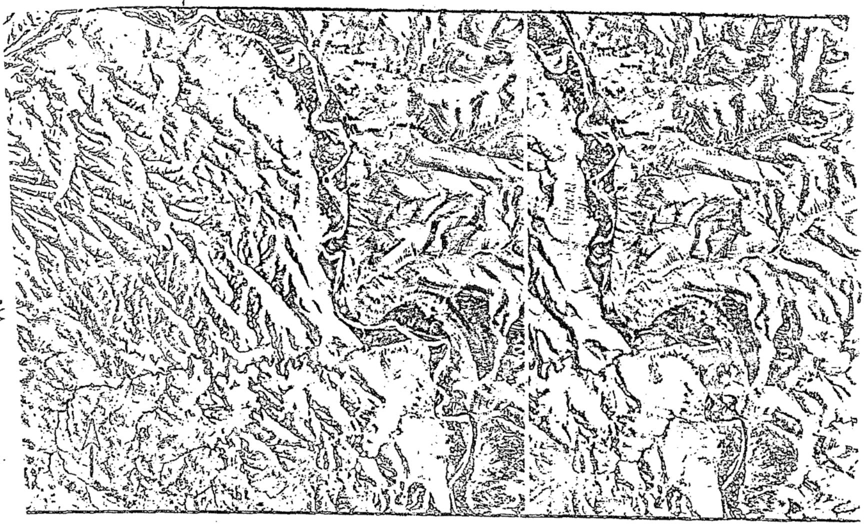




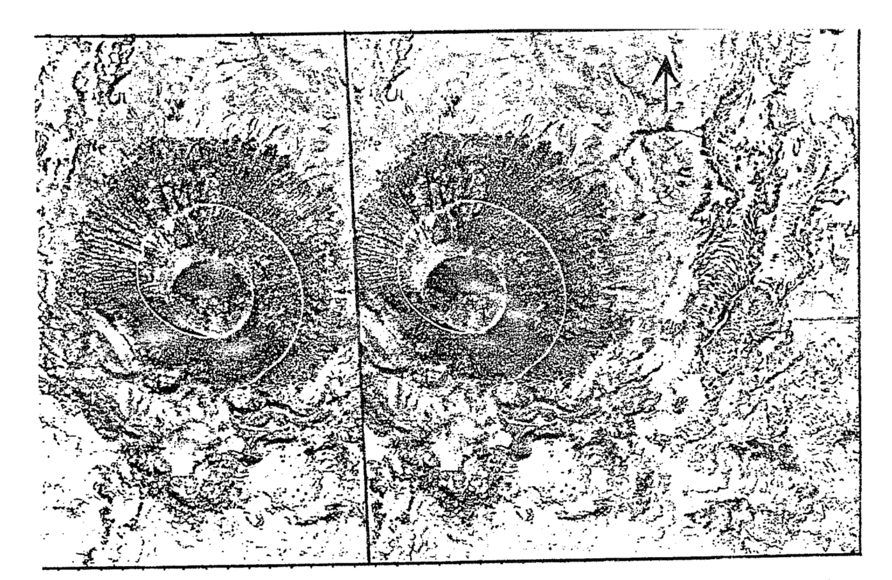
لوحة رقم (٦)



لوحة رقم (٧)



لوحة رقم (٨)



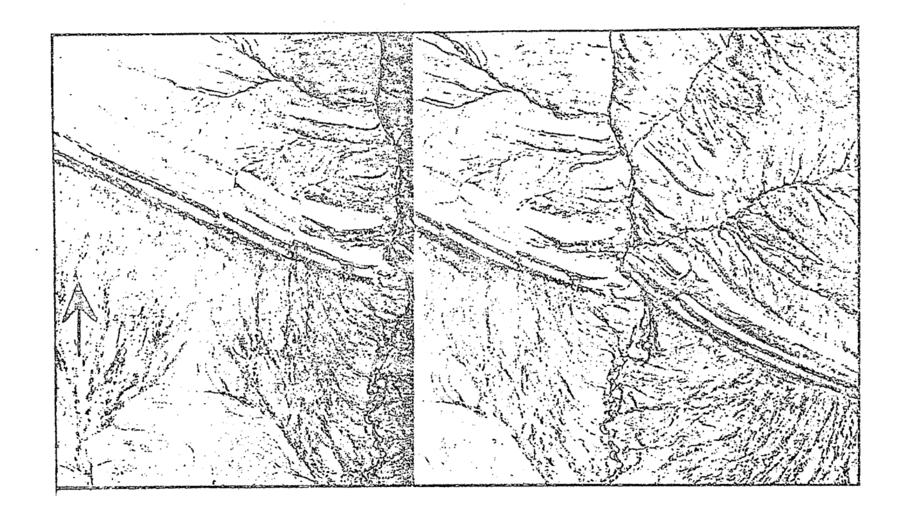
لوحة رقم (٩)



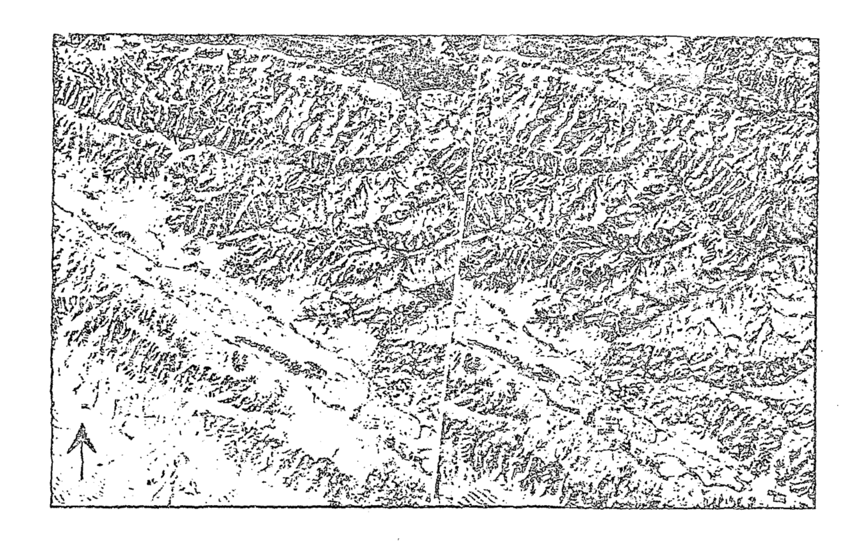
لوحة رقم (٩٠)



لوحة رقم (٩٩)



لوحة رقم (١٢)

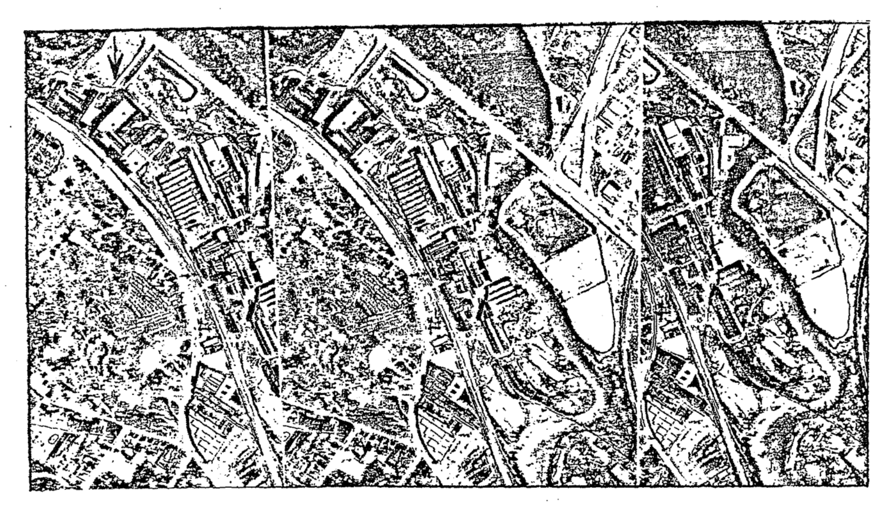


لوحة رقم (١٣)





لوحة رقم (١٥)



لوحة رقم (١٦)

المراجع

أولاً : المراجع العربية:

* أحمد أحمد مصطفى : الجغرافية العملية والخرائط – الاسكندرية، ١٩٨٦ .

* أحمد نجم الدين فليجة : الجغرافية العملية والخرائط – الطبعة الثالثة – الاسكندرية، ١٩٧٦ .

* بطرس عوض الله : المساحة المستوية والجيوديسية – القاهرة، ١٩٥٢ .

* عبد الحميد القشيرى : المساحة – القاهرة ، ١٩٦٦ .

* على شكرى : المساحة المستوية والتصويرية ، مطبوعات جامعة أسيوط – الاسكندرية، ١٩٦٠ .

* على شكرى : المساحة والطبوغرافيا – الجزء الثانى – الطبعة الثانية – الاسكندرية، ١٩٦٨ .

* على شكرى ، محمود حسنى، محمد رشاد مصطفى : المساحة المستوية – طرق الرفع والتوقيع – الاسكندرية، ١٩٧٨ .

* على شكرى ، محمود حسنى، محمد رشاد مصطفى : المساحة التصويرية والقياس الالكترونى ونظرية الأخطاء – الاسكندرية ، ١٩٨٠ .

* محمد رجائى الطحلاوى : الجيولوجيا التصويرية – الكويت ، ١٩٧٩ .

* محمد صبحى عبد الحكيم، ماهر الليثى : علم الخرائط – الجزء الأول – القاهرة، ١٩٦٦ .

* محمد فريد فتحى : تمارين فى المساحة، دار المعارف – الاسكندرية، ١٩٦٦ .

* محمد متولى موسى ، إبراهيم رزقانة : قواعد الجغرافيا العملية – القاهرة ، ١٩٦٦ .

* محمد محمد سطيحة : الجغرافية العملية وقراءة الخرائط – الطبعة الثانية، بيروت، ١٩٧٤ .

* محمود عبد اللطيف عصفور، محمد عبد الرحمن الشرنوبى : الخرائط ومبادئ المساحة – القاهرة، ١٩٧٠ .

ثانيا : المراجع الأجنبية :

- Bagley; J. W. : Aerophotography and Aerosurveying - New York, 1947.
- Bayer; Robert E., & Snyder; P. B. : Aerial Stereo Studies, Hubbard Press. Illinois 1970.
- Bygott: J. : An Introduction to Mapwork and Practical Geography. 8th Ed., London, 1962.
- Davis, R. E., & Foote; F. S. : Surveying, Theory and Practice, New York, 1953.
- Hinks; A. R. : Maps and Survey 5th Ed., Cambridge 1947.
- Jackson: [illegible]: Surveys for Town and Country Planning, London, 1963.
- Kneeshow; R. : Practical Urban Geography, London 1972.
- Lattman; L. H. & Ray; R. G. : Aerial Photographs in Fild Geology, New York, 1965.
- Low; J. W. : Plane Table Mapping, Harper Brothers, London 1954.
- Miller, V. C. : Photogeology, New York, 1967.
- Monkhouse; F. J. & Wilkinson; H. R. : Maps and Diagrams 3rd Ed. Reprinted, London, 1976.
- Raisz, E. : General Cartography, 2 nd Ed., New York, 1984.
- Robinson; A. H. : Elements of Cartography, 2 nd Ed., New York, 1960.
- Spurr; S. H. : Photogrammetry and Photointerpretation, New York, 1960.
- Wanless; Harold R. : Aerial Stereo Photographs 3 rd Ed. Hubbard Press, Illinois. 1973.

محتويات الكتاب

المساحة للجغرافيين

المساحة المستوية والتصويرية

• الجزء الأول والجزء الثانى •

